

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**BİNGÖL İLİ GENÇ İLÇESİ ÇEVİRME MİKROHAVZASINDA WEPP VE
RUSLE MODELLERİ İLE TOPRAK KAYIPLARININ BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YASİN KARAŞİN

**TEMMUZ 2021
TRABZON**



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**BİNGÖL İLİ GENÇ İLÇESİ ÇEVİRME MİKROHAVZASINDA WEPP VE RUSLE
MODELLERİ İLE TOPRAK KAYIPLARININ BELİRLENMESİ**

YASİN KARAŞİN

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce
"ORMAN YÜKSEK MÜHENDİSİ"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 29 / 06 / 2021

Tezin Savunma Tarihi : 09 / 07 / 2021

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ömer KARA

Trabzon 2021

ÖNSÖZ

Lisans ve yüksek lisans ders döneminde her türlü konuda fikir danışabildiğim parlak fikirleri ile önüme ışık tutan danışman hocam sayın Prof. Dr. Ömer KARA'ya tez dönemimde tez konusu seçimimde tezin planlanmasında bilgisiyle tezim boyunca beni destekleyen maddi manevi yardımlarını esirgemeyen sayın Prof. Dr. Alaaddin YÜKSEL'e teşekkürlerimi sunarım.

Arazi ve laboratuvar çalışmalarında bana yardımcı olan Dr. Öğr. Üyesi Yasin Demir ve Arş. Gör. Alperen MERAL'a teşekkür ederim.

Teze başladığım günden bu yana tezin her aşamasında desteğini esirgemeyen ve laboratuvar çalışmalarında yardımcı olan Fevziye DAVRAN'a teşekkür ederim.

Çevirme Mikrohavzasının sayısal verilerini kullandığım Elazığ Orman Bölge Müdürlüğü ve Bingöl Orman İşletme Müdürlüğü yetkililerine teşekkür ederim.

Son olarak bugünlere gelmemde asıl emek sahibi olan her türlü fedakârlıktan geri durmamış olan aileme sonsuz teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Yasin KARAŞİN
Trabzon 2021

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Bingöl İli Genç İlçesi Çevirme Yağış Havzasında WEPP ve RUSLE Modelleri İle Toprak Kayıplarının Belirlenmesi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Ömer KARA ‘nın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri ve örnekleri kendim topladığımı, deneyleri ve analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 09/07/2021.

Yasin KARAŞİN

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VIII
SUMMARY	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ	X
TABLolar DİZİNİ.....	XII
SEMBOLLER DİZİNİ	XIII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Literatür Özeti	3
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	9
2.1. Materyal.....	9
2.1.1. Çalışma Sahası Genel Tanıtımı	9
2.1.2. Çevirme Mikrohavzasının Coğrafi Konumu	9
2.1.3. Çalışma Sahasının İklim Özellikleri.....	10
2.1.4. Çevirme Mikrohavzasının Jeolojik Yapısı ve Toprak Durumu	13
2.1.5. Çevirme Mikrohavzasının Hidrolojik Durumunun Tespiti	16
2.1.6. Çevirme Mikrohavzasına Ait Bitki Örtüsü Özellikleri	16
2.1.7. Mevcut Sahanın Sosyal ve Ekonomik Yapısı	16
2.1.8. Çevirme Mikrohavzasının Güncel Arazi Kullanımı	17
2.2. Metot	18
2.2.1. Havzadaki Fizyografik Faktörlerin Saptanması	18
2.2.1.1. Arazi Kullanım Şekli.....	18
2.2.1.2. Havza Alanı	18
2.2.1.3. Havza Şekli.....	19
2.2.1.4. Form Faktörü.....	19
2.2.1.5. Şekil Faktörü	19

2.2.1.6. Dairesellik Oranı	19
2.2.1.7. Uzunlaşma Oranı.....	20
2.2.2. Mevcut Alandaki Çalışmalar.....	20
2.2.3. Laboratuvarda Yapılan Analiz Safhası.....	22
2.2.4. WEPP(Water Erosion Prediction Project) Modeli	24
2.2.4.1. WEPP Bilgisayar Model Girişleri	26
2.2.4.2. GeoWEPP.....	26
2.2.4.3. WEPPcloud	28
2.2.4.4 Python Programlama Dili.....	28
2.2.5. RUSLE Erozyon Modeli	30
2.2.6. Çalışma Sahası Değerlendirme	32
3. BULGULAR	34
3.1. Havzadaki Fizyografik Faktörlerin Saptanması	34
3.1.1. Arazi Kullanım Şekli.....	34
3.1.2. Havza Alanı.....	35
3.1.3. Havza Şekli.....	35
3.1.4. Havza Fizyografik Faktörlerinden Form Faktörü	35
3.1.5. Havza Fizyografik Faktörlerinden Şekil Faktörü.....	36
3.1.6. Havza Fizyografik Faktörlerinden Dairesellik Oranı.....	36
3.1.7. Uzunlaşma Oranı.....	37
3.1.8. Çalışması Sahası Ortalama Eğim Özelliği	37
3.1.9. Çalışma Alanı Bakı Durumu	39
3.1.10. Ortalama Yükseklik.....	39
3.1.11 Çalışma Alanı Güncel Arazi Kullanım Durumu	40
3.1.12. Çalışma Alanı Arazi Kullanım Kabiliyet Durumu.....	41
3.1.13. Çalışma Alanı Erozyon Durumu	42
3.1.14. Çalışma Alanı Drenaj Durumu.....	43
3.1.14.1.Dere Sıklığı.....	44
3.2. Toprak Özelliklerinin Fiziksel ve Kimyasal Analiz Sonuçları	45
3.2.1. Toprak Tekstürü	45
3.2.2. pH.....	47
3.2.3. Çevirme Mikrohavzasının Elektriksel İletkenlik (%)	48
3.2.4. Organik Madde (%).....	48

3.2.5.	Kireç (CaCO ₃)	48
3.3.	WEEPcloud ile Toprak Kayıp Miktarının Belirlenmesi	49
3.3.1.	WEEPcloud İade Süresi Analizleri	54
3.3.2.	WEEPcloud Sediment Dağıtımı	57
3.3.3.	WEEPcloud Çalışma Sahasının Kayıp Özeti	58
3.3.4.	WEEPcloud İklim Verileri	62
3.4.	Toprak Erozyon Risk Değerlendirilmesinde RUSLE Yöntemi	65
3.4.1.	Yağmur Erozyon İndeksi (R)	66
3.4.2.	Toprak Erodibilite Faktörü (K)	68
3.4.3.	Eğim Uzunluğu ve Eğim Derecesi Faktörü (LS)	69
3.4.4.	Bitki Yönetim Faktörü (C)	72
3.4.5.	Toprak Koruma Önlemleri Faktörü (P).....	74
3.4.6.	RUSLE Toprak Kaybı Miktarı	74
4.	TARTIŞMA.....	76
5.	SONUÇ VE ÖNERİLER	78
6.	KAYNAKLAR.....	81
ÖZGEÇMİŞ		

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

BİNGÖL İLİ GENÇ İLÇESİ ÇEVİRME MİKROHAVZASINDA WEPP VE RUSLE
MODELLERİ İLE TOPRAK KAYIPLARININ BELİRLENMESİ

Yasin KARAŞİN

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Ömer KARA
2021, 87 Sayfa

Ülkemizde erozyon ve yüzeysel akışlar ile birlikte her yıl yaklaşık olarak 150 milyon ton civarında sediment ve toprak kayıpları gerçekleşmektedir. Özellikle Fırat-Dicle Havzası ve buna bağlı alt yağış havzalarında farklı arazi kullanım şekillerinden meydana gelen toprak kayıpları Türkiye’de ki toplam toprak kayıplarının yaklaşık olarak %30’ una karşılık gelmektedir. Bu nedenle bu yağış havzalarında yüzeysel akış ve toprak kayıplarının belirlenmesi önem arz etmektedir. Bu çalışmada Bingöl İli Genç İlçesi Çevirme Mikrohavzasında erozyonla meydana gelen yüzeysel akış ve toprak kayıplarının ölçülmesi amaçlanmıştır. Çalışmada, WEPP (Water Erosion Prediction Project) ve RUSLE (Revised Soil Loss Equation) Modelleri kullanılarak yağış havzasından meydana gelen erozyon ve toprak kayıpları belirlenmiştir. Bingöl ili Genç ilçesi sınırları içerisinde yer alan Çevirme Mikrohavzasında yürütülen bu çalışma; 5809,386 ha büyüklüğünde çalışma alanının havza karakteristikleri ile bazı toprak karakteristiklerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Söz konusu alanın jeolojik yapısı metamorfik anakaya olduğu görülmüştür. Çalışma sahasında tarım ve hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklı bitki örtüsü tahrip edilmiş ve saha erozyona maruz kalmıştır. Sonuç olarak; çalışma sahasında gerekli önlemler alınmadığı takdirde erozyonun şiddetleneceği saptanmıştır. Erozyon riskinin fazla olduğu alanlarda toprak kayıplarına sebep olacak uygulamalardan kaçınılmalı, erozyonla mücadele çalışmaları başlatılmalı ve yaygınlaştırılmalıdır.

Anahtar Kelime: Çevirme Mikrohavzası, Havza Karakteristikleri, Toprak Özellikleri, CBS, WEPP, RUSLE.

Master Thesis

SUMMARY

DETERMINATION OF EROSION AND SOIL LOSSES WITH WEPP AND
RUSLE MODELS IN THE YOUNG DISTRICT OF BİNGÖL

Yasin KARAŞİN

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Forest Engineering Graduate Program
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ömer KARA
2021, 87 Pages

With the erosion and superficial flows in our country, about 150 million tons of sediment and soil are lost annually. In particular, soil losses from different landscapes in the Fırat-Dicle Basin and consequently lower rainfall basins correspond to approximately 30% of the total land losses in Turkey. Therefore, it is significant to determine superficial flow and soil losses in these precipitation basins. This study aimed to measure the surface runoff and soil losses caused by erosion in the Genç District of Bingöl Province. In this study, erosion and soil losses from the precipitation basin were determined by using WEPP (Water Erosion Prediction Project) and RUSLE (Revised Soil Loss Equation) Models. This study was conducted in the Çevirme Microbasin within the boundaries of the Genç district of Bingöl, to determine some soil characteristics with the basin characteristics of the 5809,386 ha study area. The geological structure of the area in question was determined as metamorphic. This study also revealed that the vegetation was destroyed due to agricultural and livestock activities, causing erosion on the study site. As a result, erosion will be intensified if necessary measures are not taken in the study area. In areas where there is a high risk of erosion, applications that will cause soil loss must be avoided, erosion control efforts must be initiated.

Key Words: Çevirme Microbasin, Basin Characteristics, Soil Characteristics, CBS, WEPP, RUSLE.

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Çevirme mikrohavzasına ait harita.....	10
Şekil 2. Çevirme mikrohavzası erozyon sahası.....	13
Şekil 3. Çalışma sahası açılan toprak profilleri.....	14
Şekil 4. Mikaşist anakayası.....	14
Şekil 5. Toprak Profilinin Anakayaya Kadar Açılan Kısmı.....	14
Şekil 6. Çalışma alanında bulunan su kaynağı.....	16
Şekil 7. Arazide açılan örnek profil çukurları.....	21
Şekil 8. Arazide açılan örnek profil çukurları.....	21
Şekil 9. Arazide açılan örnek profil çukurları.....	22
Şekil 10. GeoWEPP akış diyagramı.....	27
Şekil 11. Çalışma alanı eğim haritası.....	38
Şekil 12. Çevirme mikrohavzası baki haritası.....	39
Şekil 13. Çevirme mikrohavzası yükseklik haritası.....	40
Şekil 14. Çevirme mikrohavzası güncel arazi kullanım haritası.....	41
Şekil 15. Çevirme mikrohavzası arazi kullanım kabiliyet haritası.....	42
Şekil 16. Çevirme mikrohavzası erozyon sınıfları haritası.....	43
Şekil 17. Çevirme mikrohavzası dere sınıfları haritası.....	44
Şekil 18. Çalışma alanının WEEPcloud alan sınırlarını.....	50
Şekil 19. Çalışma alanının google earth görüntüsü.....	50
Şekil 20. Çalışma alanı WEEPcloud kanal tanımlama.....	51
Şekil 21. Çalışma alanı WEEPcloud alt havzaların tanımlanması.....	51
Şekil 22. WEEPcloud arazi kullanım şekilleri.....	52
Şekil 23. WEEPcloud toprak verileri.....	53
Şekil 24. WEEPcloud iklim verilerinin programa aktarılması.....	53
Şekil 25. WEPP sonuç dosyaları.....	54
Şekil 26. Çalışma sahasına ait iklim verileri.....	62
Şekil 27. Çalışma sahasına ait iklim verileri devamı.....	63
Şekil 28. Çalışma sahasına ait iklim verileri devamı.....	64

Şekil 29. Çevirme mikrohavzası R Faktörü Haritası.....	68
Şekil 30. Çevirme mikrohavzası K Faktörü Haritası.....	69
Şekil 31. Çevirme mikrohavzası LS Faktörü Haritası.....	72
Şekil 32. Çevirme mikrohavzası C Faktörü Haritası.....	73
Şekil 33. Çevirme mikrohavzası toprak kayıpları haritası	75



TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Çevirme mikrohavzasına ait yağış sınıfları	11
Tablo 2. Çalışma sahası meteorolojik gözlem değerleri	12
Tablo 3. Ülkemizde meydana gelen erozyon alanlarının dağılımı	15
Tablo 4. Çalışma alanının güncel arazi kullanımı	17
Tablo 5. Çalışma alanına ait dere sınıfları	44
Tablo 6. Toprak analiz sonuçları	46
Tablo 7. pH değerlerinin sınıflandırılması	47
Tablo 8. Organik madde gruplandırılması	48
Tablo 9. Kalsiyum karbonatın kireç değerlerine göre sınıflandırılması	49
Tablo 10. Çalışma sahası yağış derinliği	55
Tablo 11. Çalışma sahası yüzey akışı	55
Tablo 12. Çalışma sahası tepe deşarjı	55
Tablo 13. Çalışma sahası 10 dakikalık tepe yağış yoğunluğu	56
Tablo 14. Çalışma sahası 30 dakikalık tepe yağış yoğunluğu	56
Tablo 15. Çalışma sahası sediment verimi	56
Tablo 16. Çalışma sahası sediment dağıtımı	57
Tablo 17. Çalışma sahasının sediment sınıfına göre dağılımı	57
Tablo 18. Çalışma sahasının organik maddenin dağılımı	57
Tablo 19. Çalışma sahasının WEEPcloud toprak kayıp tablosu	58
Tablo 20. Çalışma sahasının WEEPcloud 100. yıllar için alt havzaların ortalama yıllık özeti	59
Tablo 21. Araştırma alanı R değerlerinin alansal ve oransal dağılımları	67
Tablo 22. Araştırma alanı toprakları K sınıf dağılımı	69
Tablo 23. Eğim sınıflarının alansal ve oransal dağılımı	71
Tablo 24. Bitki yönetim faktörü	73
Tablo 25. Arazinin erozyon duyarlılık sınıflarının alansal ve oransal dağılımı	74
Tablo 26. Toprak kaybı toleransı tablosu (SCS, 1973)	77

SEMBOLLER DİZİNİ

GIS	: Geographic Information System
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
WEPP	: Water Erosion Project Model
RUSLE	: Revised Universal Soil Loss Equation
USLE	: Universal Soil Loss Equation
TOPAZ	: Topographic Parametirization
DEM	: Digital Elevation Model
WEPPCLOUD	: Water Erosion Project Model Cloud
CaCO ₃	: Kireç (Kalsiyum Karbonat)
EC	: Elektriksel İletkenlik
pH	: Toprak Reaksiyonu
Ha	: Hektar

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Erozyon, ülkemizdeki en önemli problemlerden biri olup toprağı yerinde tutan ve koruyan bitki örtüsünün insan tarafından değişikliğe uğratılması ile toprak aşınması ve toprak taşınması olayıdır.

Ülkemiz, dünya üzerinde en çok erozyona maruz kalmış güney-güneydoğu Asya kuşağı içerisinde bulunan yüksek ve engebeli bir topografik yapıya sahiptir. Ülkemizde, meydana gelen yıllık toprak kaybı yaklaşık 500 milyon ton iken yapılan ağaçlandırma ve erozyon kontrolü çalışmaları ile birlikte bu değer 150 milyon ton (URL-1) a kadar düşürülmüştür. Dünya da erozyon riski açısından ilk sıralarda yer alan Ülkemizde aynı zamanda ağaçlandırma ve erozyon kontrolü çalışmaları açısından da ilk sıralarda yer almaktadır. Bu sorunun çözümü havza bazında yapılacak çalışmalar ile toprak kayıplarının nerelerde yoğunlaştığının belirlenmesi ve bu sorunlara nedenlerinin ortaya çıkarılmasına bağlıdır. Fakat toprak erozyonun ölçülmesi oldukça zahmetli bir iştir. Büyük alanların erozyon miktarı tahmini olarak yapılabilmektedir. Bunun asıl nedeni toprak erozyonu etkileyen birden fazla faktörün olması ve bu faktörlerin ölçülmesinin zamansal ve finansal olarak çok zor olmasından kaynaklanmaktadır.

Son zamanlarda teknolojide meydana gelen önemli gelişmeler erozyon alanların belirlenmesinde ve bu alanlar üzerinde yapılacak çalışmalarda birçok kolaylık sağlamıştır. Bu gelişmeler, sayısal katman erozyonu modelini belirlemek için gereken verileri tahmin etmek için matematiksel ilişkilerin kullanılmasına yardımcı oldu. Erozyon oluşumunu kontrol eden faktörlerin belirlenmesinde ve özellikle birbirleri ile ilişkilendirilmesinde de teknolojik yeniliklerin kullanımı artmıştır ve bunların başında Coğrafî Bilgi Sistemleri (CBS) gelmektedir. CBS bilgisayar ortamına aktarılan verilerin harita katmanları halinde depolanmasına ve bu katmanların birbirleri ile ilişkilendirilmesine olanak sağlamakta ve erozyonla oluşan toprak kayıplarının tahmin edilmesinde, erozyon riski taşıyan alanların belirlenmesinde ve haritalanmasında da kullanılmaktadır (Başyığit ve Dinç, 2003). Aynı zamanda bu sistemler erozyon oluşumunu kontrol eden faktörlerin bilgisayar ortamında modellenmesine olanak sağlamıştır. Sanal ortamda oluşturulan erozyon risk haritaları toprak kayıplarının belirlenmesinde meydana gelen harcamaların ve zaman kayıplarının

azaltılmasını sağlamak ile birlikte bu çalışmaların doğruluğunun artması ve gelecekte güncellenmesi için coğrafi bilgi sistemleri büyük bir avantaj sağlamıştır. Coğrafi bilgi sistemlerinin yardımıyla erozyon oluşmayan alanların risk altında olup olmadığı, korumada öncelikli alanların belirlenmesi ve yapılan müdahalelerin izlenmesi yapılabilmektedir.

Arazi koşullarında toprak kaybının ölçülmesi için harcanan sürenin ve parasal kaynağın yüksek olması ve doğru sonuçların belirlenmesi için ölçüm işlerinin süreklilik gerektirmesi, laboratuvar koşullarında yapılan simülasyon çalışmalarının ise doğal koşulları yansıtmaması Water Erosion Prediction Project (WEPP) modelinin uygulanabilirliğini ve maddi katkısını öne çıkarmaktadır (Flanagan ve Livingston, 1995; Hacısalihoğlu ve ark., 2008).

Bu nedenle, önce Universal Soil Loss Equation (USLE) (Wischmeier ve Smith, 1965) ile daha sonraları ise WEPP yöntemleri ile bir havza üzerindeki erozyonun tahmini çalışmaları bilgisayar ve CBS teknikleri kullanılarak tahmin edilmeye ve modellenmeye başlanmıştır (Flanagan ve Nearing, 1995; Foster ve Lane, 1987; Nearing ve ark., 1989). ABD, Kanada gibi ülkeler uzun yıllardan beri CBS'yi yaygın olarak kullanmaktadır. CBS son yıllarda ülkemizde yapılan havza yönetimi çalışmalarda kullanılmaya başlanmıştır. Doğal orman varlığı büyük ölçüde tahrip olmuş, verimliliği azalmış ve sürekliliği tehlike altında olan ülkeler için CBS büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle ülkemizde havza yönetimi çalışmalarında CBS teknolojisini ve buna entegre halde olan WEPP (Water Erosion Prediction Project) kullanımını yaygınlaştırmamız gerekmektedir.

WEPP erozyon modeli, geniş ölçekte net toprak kaybı ve birikiminin zamansal ve mekânsal dağılımını tahmin edebilen sürekli bir simülasyon modelidir (Ascough II ve ark., 1997; Baffaut ve ark., 1997; Flanagan ve Nearing, 1995). Erozyon modelleri içerisinde son yıllarda en çok kullanılan programlardan biri olan WEPP, CBS ile entegre edilerek GeoWEPP programı geliştirilmiştir ve uygulayıcılar tarafından çok kullanılmaktadır. Ayrıca Universal toprak kayıp denkleminin (RUSLE) yerini alan bu modelde bazı parametreler değiştirilmiş ve zenginleştirilmiştir. WEPP'in uygulanmasındaki en büyük zorluklardan biri olan karmaşık topografik yapının belirlenebilmesi Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) ile doğru bir şekilde sağlanabilmektedir. GIS, WEPP ve TOPAZ programlarını entegre eden ve özellikle büyük yağış havzaları için uygulama imkanları sunan GeoWEPP programı karmaşık verilerin düzenlenmesini daha kolay hale getirmektedir. GeoWEPP'in yanı sıra TOPAZ ve TOPAZ'ın çalışırken kullandığı programlar da havzanın topografik özelliklerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır

(Garbrecht ve Martz, 1999). WEPP modeli Yamaç Arazi Uygulaması (Hillslope Version), Havza Uygulaması (Watershed Version) ve Grid veya GIS Uygulaması (GRID or GIS Version) olmak üzere üç ayrı şekilde uygulanabilen model gruplarından oluşmaktadır (Flanagan ve Livingston, 1995).

1.2. Literatür Özeti

Aksoy (1998), Amanos dağlarında toprak oluşum süreçlerini 17 farklı noktada toprak profili açarak ve detaylı bir şekilde incelemiş aynı zamanda toprak profillerini belirlenmiştir. Toprak numunelerinin sınıflandırılması fiziksel, kimyasal ve mineralojik çözümleme ile mevcut arazi araştırmaları akabinde ortaya konuştur. Aksoy tarafından meydana getirilen çalışmada 2 değişik toprak sınıflandırmasından faydalanılmıştır.

Otlayan hayvan türlerinin toynakları yüzünden toprak yüzeyine bir baskı uygulandığını belirten Thurow, bu baskı akabinde toprakta sıkışma ve toprak yüzeyinin geçirgenlik oranının düştüğü gözlemlenmiştir (Thurow, 1991).

Aydın (2009), Torul Barajı havzasına ait havza özelliklerini ArcInfo yazılımının faydalanarak ortaya çıkarmıştır. Havza karakteristiklerinin bilgisayar ortamında Coğrafi Bilgi Sistemleri imkânları ile klasik metotlara nazaran rahat ve kullanışlı olduğunu söylemiştir.

Göl (2002), Çankırı Eldivan bölgesindeki farklı toprak karakteristiklerinin arazi kullanım şekli ile bağlantılarını incelemiştir. Araştırmalarındaki sonuçlarına bakılarak toprak özelliklerinden hacim ağırlığı, hidrolik iletkenlik, mevcut azot ve organik maddenin arazi kullanım türüne göre değişiklik gösterdiğini söylemiştir. Aynı zamanda araştırmacı bazı toprak özelliklerinin (hacim ağırlığı, hidrolik geçirgenlik, toplam azot vb.) bakıya göre değişiklik gösterdiğini gözlemlemiştir.

Erol vd.(2009), değişik arazi kullanım yöntemleri ile alakalı bir takım araştırmalar yapmıştır. Bu araştırmaların sonucunda nem ekivalanı verisinin %5 diğer arazi kullanım yöntemlerine nazaran daha kıymetli olduğunu söylemiştir. Aynı zamanda nem ekivalanı değerleri organik madde ve toprak yapısına göre farklılık gösterdiği ve topraktaki kil oranın yüksek olması durumunda nem ekivalanının da yüksek olacağını gözlemlemiştir.

Sediment veriminin hesaplandığı CREAMS, SWRRB, EPIC, ANSWERS ve AGNPS gibi modellerin karşılaştırılması için Mississippi'de eğimi %3 ve %8 arasında farklılık gösteren iki havzada bazı çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda yüzeysel akış ve

sediment verimini ile ilgili bazı testler yapılmıştır. Bu testlerin sonucunda gerçeğe en yakın verileri SWRRB ve CREAMS modelleri vermiştir (Bingner vd. 1989).

Okatan (1986), Trabzon-Meryemana Deresi Yağış Havzası meralarında bazı araştırmalar sonucunda bu alanda bulunan bütün topraklarda dispersiyon oranının 15' ten büyük olduğu ve toprakların erozyona duyarlı olduğunu belirtmiştir. Dispersiyon oranındaki bu farklılıklar örnekleme derinliği ile doğru orantılı olup derinlik sınıflarındaki kil, toz ve organik madde içeriklerine bağlı olarak değişkenlik gösterdiği belirtilmiştir.

K. Maraş Ayvalı Barajı Yağış Havzasında yapılan çalışmalarda, GeoWEPP programı kullanılarak meydana gelen toprak kayıpları belirlenmiş ve toprak kayıplarının kullanılan tarım arazilerinde fazla, orman alanlarında ise toprak kayıplarının çok az olduğu saptanmıştır (Yüksel, 2001).

İstanbul-Belgrad ormanında yapılan bir araştırmada bu alanda bulunan toprakların dispersiyon oranı 15' ten büyük olarak saptanmış. Ayrıca bu alandaki toprakların erozyona duyarlı olduğu belirlenmiştir (Özhan, 1963).

WEPP model ile çeşitli tarım ürünlerinin yetiştirildiği alanlarda yapılan çalışmalarda elde edilen değerlerin ölçülen değerlere yakın olması sonucunda bu alanlarda WEPP modelinin kullanılarak kaybolan toprak ve yüzeysel akış ile birlikte sediment değerlerinin belirlenmesinde kullanılabileceği söylenmiştir (Zhang ve ark., 1996).

ABD'de yapılan bir çalışmada, mera alanlarında yapay yağmurlama yapılarak yüzeysel akış ve toprak kaybı ölçülmüştür. Yüzeysel akış ile toprak kaybını etkileyen en önemli faktörlerin ölü örtü, kuru madde, bitki yüksekliği gibi etkenler olduğu söylenmiştir. Mera alanlarında ölü örtü miktar ve kalitesi arttıkça yüzeysel akış ve toprak kaybı azalmakta, infiltrasyon'un ise pozitif yönde arttığı bulunmuştur (Hofmann ve Ries, 1991).

Kansas State Üniversitesi deneme alanında yapılan araştırmada toprak kayıplarının tahmin edilmesinde WEPP, EPIC ve ANSWERS adındaki 3 farklı erozyon modelleri kullanılmış; yapılan tahminler ve ölçülen değerlerin sonucunda en makul değerleri WEPP erozyon modelinin verdiği saptanmıştır (Bhuyan ve ark., 2002).

Eldivan Sarayköy göleti su toplama havzasına gelebilecek sediment miktarının tahmin edilmesi üzerine yapılan bir çalışmada, USLE (Evrensel Toprak Kaybı Eşitliği) ve RUSLE (Yenilenmiş Evrensel Toprak Kaybı Eşitliği) ile koordineli olarak CBS ve jeostatistiksel yöntemleri kullanarak su toplama havzasına gelebilecek sediment miktarı 32,23 ton/ha/yıl, 8418,48 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. Gölet su toplama havzasına gelebilecek ortalama sediment hacmi 6734,78m³/yıl olarak belirlenmiştir. Aynı zamanda

baraj havzasının gölalanı 48200 m² olduğu için yaklaşık olarak 0,14 m/yıl derinliğinde toprak birikeceği ve birken toprak miktarına bakılacak olunursa barajın 76 yılda dolmasının beklendiği belirtilmiştir (Erpul ve ark., 2009).

Aslan (2005), Sayısal Yükseklik Modellerinin (SYM) farklı alanlar için meydana getirilmesi ve kullanılması CBS'nin gelişmesi ile daha kolay hale geldiğini, SYM'nin 3 boyutlu uygulamalar için birer veri kaynağı olduğu ve havza karakteristiklerinin SYM'den kolaylıkla elde edilebileceğini söylemiştir.

Hızal'ın yapmış olduğu bazı araştırmalarda hava resimlerinin açıklamasının Havza Amenajmanı işlerinde hangi miktarda faydalanılabileceğini incelenmiştir. Bu araştırmaya dayanarak havzadaki muhtelif fizyolojik faktörlerin tespit edilebildiği ve toprak kaybı denkleminde (USLE) kullanılan bazı faktörlerin tespit edildiği bulunmuştur (Hızal, 1984).

Karagül (1996), Trabzon Söğütlü havzasında kullanılan farklı arazilerin belirli özellikleri nasıl etkilediğini inceledi. Araştırma neticesinde, mevcut alanını topraklarının aşınmaya hassasiyeti bulunduğu tanımlamıştır. Dispersiyon oranının tarım alanlarında fazla orman alanlarında az olması nedeniyle orman ve mera sahalarının tarımsal faaliyetler için tarım alanlarına çevrilmesi sonucunda yüzeysel erozyonun kuvvetleneceği söylenmiştir.

Trabzon-Meryemana Çayı yağış havzasındaki Alpin çayırında yapılan bir çalışmada, çalışma alanındaki tüm toprak türlerinin dağılım oranının 15'ten fazla olduğu, dolayısıyla havza toprağının erozyona karşı savunmasız olduğu belirlenmiştir. Bu dağılım oranlarındaki farkın örnekleme derinliği ile orantılı olduğu ve derinlik düzeyindeki kil, toz ve organik içerikle ilişkili olduğu belirtilmiştir (Okatan, 1986) .

ABD'nin Washington eyaletinde, kurak ve nemli iklim koşullarında gelişen bazı orman topraklarının aşındırıcı özellikleri incelenmiştir. Kuru koşullar altında toprağın aynı yağış ve eğime maruz kaldığı ve incelenen ıslak topraktan daha fazla erozyona uğradığı, bu nedenle ıslak toprağa kıyasla kurak toprağın erozyona direnme kabiliyetine sahip olduğu belirtildi (Balcı, 1978).

Yapılan bazı çalışmalarda meraya WEPP erozyon modeli uygulanabilir ve RUSLE toprak kaybı denkleminin yerini alabilir. WEPP modeli meradaki bitki, toprak ve iklim parametrelerine dayalı erozyon durumunu ortaya çıkarmak ve böylece toprak ve sediment durumunun kaybını belirlemek için kullanılabilir (Lafren, JM, Flanagan, D, ve ark., 1994).

WEPP modelini kullanan bir ABD çalışmasında, erozyon durumu yıllık simülasyon kullanılarak ortaya çıkarılmıştır. Havuzdaki sediment verimliliğini belirlemek için tepe

uzunluğu, Manning katsayısı ve kanal uzunluğu değerleri benimsenmiştir. Toprak erozyonunun ve kritik toprak erozyonunun hidrolik iletimdeki çökelti için önemli ve etkili olduğu bulunmuştur (Baffaut ve ark., 1997).

Yılmaz ve ark. (2005), özet bir çalışmada, toprak yapısının gelişiminin bir göstergesi olan bazı çevresel faktörlerin ve toprak özelliklerinin agrega stabilitesi ve agregasyonu üzerindeki etkisine dikkat çekmiştir. Yapılan araştırma sonuçlarına göre, kil tipi ve toprak miktarı, kolloidal demir ve alümina, ıslatma ve kurutma, donma-ayırışma, benzeri hadiselerin toprak üzerinde tesirinden söz edilmiştir.

Yapılan bazı araştırmalarında Szabolcs vd. kurak ve yarı kurak alanların yeryüzündeki mevcut sahaların takribi %46'sını meydana getirdiğini bildirdi. Bu sahaların sulanan kesimleri takribi %51'nin farklı tuzluluk seviyelerine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Dünya Toprak Haritasına ait veriler esas alınarak FAO'nun hazırladığı raporda dünyada 954 milyon ha alanı tuzun etkilendiği ayrıca verimliliğin sınırlı olduğu bildiriliyor (Szabolcs, 1991).

Laflen vd. (1991), havza yönetiminde coğrafi bilgi sistemlerinin (CBS) kullanımının arttığını ve havza erozyon tahmininin toprak koruma ve planlama araştırması için önemli bir metot olduğunu vurgulamıştır.

Özşahin (2014), Tekirdağ iline ait yıllık erozyon miktarı ve erozyon riskini belirlemek için RUSLE yöntemini kullanarak alana ait haritaları oluşturmuştur. Elde edilen verilere bakıldığında, Tekirdağ ilinin büyük çoğunluğunda çok hafif erozyon riski olduğu saptanmıştır. Tekirdağ'da meydana gelen yıllık ortalama toprak kaybının $5,26 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ olduğu hesaplanmıştır. Ortaya çıkan bulgular dikkate alındığında toprak kaybının Ülke ortalamasından az olması nedeniyle ilde meydana gelen toprak kayıp miktarı olumlu karşılanmıştır. Çalışmada CBS yöntemlerinden yararlanılarak RUSLE metodu ile erozyon tahmininin belirlenmesi ileride çalışılacak farklı alanlar hakkında önemli bilgilerin ortaya konması ve gerekli tedbirlerin alınması açısından yararlı olacağı belirtilmiştir.

Jiang ve ark. (2015), RUSLE modelinden faydalanarak Jinsha Nehri Havzasında meydana gelen toprak kayıplarını belirlemişlerdir. Jinsha Nehri Havzasında yıllık ortalama oluşan toprak kayıp miktarının $52,1 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ olduğu ortaya konmuştur. Çalışma alanının arazi durumu dikkate alındığında tarla ve otlaklar diğer arazi gruplarına nazaran erozyondan daha fazla etkilendiği belirlenmiştir.

Afyonkarahisar ili sınırları içerisinde bulunan Eber Gölü Havzasında meydana gelen toprak kaybının miktarı ve şiddeti RUSLE yöntemi ve CBS kullanılarak bulunmuştur.

Çalışma alanının seçiminde, havza içerisinde bulunan farklı toprak özellikleri yükseltti farklılıkları ve bitki örtüsünde meydana gelen yoğun tahrip etkili olmuştur. Arazi çalışmalarında RUSLE'a ait veriler toplanmıştır. Toplanan veriler CBS ortamında sayısallaştırılmış ve muhtemel toprak kaybı miktarları dikkate alınarak beş sınıfa ayrılmış ve potansiyel risk sınıfları haritaları ortaya konmuştur. Potansiyel toprak kaybı miktarının 0-85 t ha⁻¹ yıl⁻¹ arasında olabileceği saptanmış ve Eber Gölü Havzasında %28 çok hafif, %13 hafif, %14 orta, %14 şiddetli ve %12 çok şiddetli erozyon olduğu belirtilmiştir (Gülşen, 2014).

Çelik (2011), Afyonkarahisar'da bulunan Değirmen Dere Havzasında RUSLE modeli ile CBS ve UA yöntemlerinden faydalanarak toprak kaybının meydana geldiği alanları, toprak kaybı miktarını ve şiddetini belirlemiştir. Yapılan araştırmada, RUSLE modelinde bulunan her faktör için harita oluşturulmuş ve potansiyel risk sınıfları ortaya konmuştur. Çalışma alanında, eğim faktörünün diğer faktörlere nazaran erozyon üzerinde daha fazla etkisi olduğu belirlenmiştir.

Amanos Dağlarının Hatay ili sınırları içerisinde kalan ormanlık alanlarda meydana gelen orman yangınları sebebiyle sahaların erozyona açık bir hale gelmesi akabinde orman yangınlarının erozyona etkisini araştırmak için RUSLE yöntemi kullanılarak yangın öncesinde meydana gelen ve yangın sonrasında meydana gelebilecek sediment kaybı için hesaplamalar yapılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda sahada yangından önceki toprak kaybının 32,57 t ha⁻¹ yıl⁻¹ iken, yangından sonra sahada meydana gelen toprak kaybı miktarının 144,70 t ha⁻¹ yıl⁻¹ olduğu hesaplanmıştır. Elde edilen veriler sonucunda yangından sonra meydana gelen toprak kayıp miktarındaki 4,44 kat artış yangın sonrası sahalarda rehabilitasyon çalışmalarının vakit kaybetmeden başlatılmasının son derece önemli olduğunu ortaya koymuştur (Değerliyurt, 2014).

Kahramanmaraş Orcan Deresi Havzası'nda oluşan yüzeysel akış ve sediment veriminin tahmini için GeoWEPP modelinden yararlanılmıştır. GeoWEPP modelinden elde edilecek verilerin sonuçları ile gözlemlenmiş aylık yüzeysel akış ve sediment verimi değerleri karşılaştırılmıştır. İki verinin yıllık yüzeysel akış ve sediment verimi sonuçları arasındaki Kök Ortalama Kareysel Hata (RMSE-Root Mean Square Error) sonuçları 8,43 ve 2,96 olarak belirlenmiştir. Yapılan çalışmada sediment verimi ve yüzeysel akış için bulunan uygunluk indeksi 0,98 ve 0,99'dur. Elde edilen değerlere bakıldığında modelin tahmin performansının iyi olduğu ortaya konmuştur (Yüksel ve ark., 2008).

Uslu (2019), ortaya koyduğu yüksek lisans çalışmasında Tokat-Almus yöresinde bulunan tarım, orman ve mera arazilerinde WEPP modelinden faydalanarak meydana gelen toprak kayıplarını ve yüzey akış miktarını tahmin etmiştir. Elde ettiği verilere göre, orman ve mera arazilerinde toprak kaybı yaşanmadığı belirlenmiştir. Ortaya konulan çalışmaya göre Tokat-Almus yöresinde bulunan orman ve mera arazilerinin amacı doğrultusunda kullanılması, mera alanlarında kontrollü ve zamanında otlatma planlarının uygulanması ve tarım alanlarında ise azaltılmış toprak işleme uygulamalarının toprak kaybını azaltmak ve toprak sürdürülebilirliği açısından önem arz ettiği belirlenmiştir.

Poepl ve ark. (2019), Avusturya'nın Fugnitz Havzası'nda ortaya koydukları araştırmada erozyon ve sediment veriminin yüksek olduğu alt havzaları tespit etmek amacıyla GeoWEPP modelini kullanmışlardır. Ortaya çıkan GeoWEPP sonuçlarına baktığımızda araştırmaya alanının %11'inde sediment verimini 2 ton/ha/yıldan büyük, %7'sinde sediment veriminin 3-4 ton/ha/yıl, %17'sinde ise 4 ton/ha/yıldan büyük olduğu bulunmuştur. Araştırma alanında toprak kaybı ve sediment verimi değerlerini etkileyen önemli etkenlerden birinin bitki örtüsü olduğu vurgulanmıştır. Bitki örtüsünün sıkı olduğu ormanlık sahalarda toprak kayıplarının daha az olduğu bulunmuştur.

Yusuf ve ark., (2018) Endonezya'da bulunan Cikapundung Havzası'nda erozyon ve sediment değerlerinin farklı senaryolar eşliğinde nasıl değişebileceğini bulmak için GeoWEPP modelinden faydalanmışlardır. Ortaya konulan çalışmada 3 farklı senaryo ortaya koymuşlardır. Bu senaryolar, güncel arazi kullanımını, 2030 yılı için tahmin edilen arazi kullanımını ve 2009-2030 yılı için hazırlanan bölgesel planlamada yer alan arazi kullanımını esas alınarak hazırlanmıştır. Yapılan çalışma sonucunda elde edilen veriler mevcut arazi kullanımını altında alana düşen 2093 mm yağışın 410 mm'sinin yüzeysel akışa geçtiği saptanmıştır. Yamaç erozyonu ve sediment veriminin sırasıyla 359 ton/ha/yıl ve 413 ton/ha/yıl civarında olduğu tespit edilmiştir. Sonuçlar, bölgesel planlama şemasının yüzey akışını, eğim erozyonunu ve sediment verimini sırasıyla %3, %94 ve %95 oranında azaltabileceğini göstermektedir. 2030 yılında öngörülen senaryoya göre sediment veriminin %1,27 artması beklenmektedir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Materyal

2.1.1. Çalışma Sahası Genel Tanıtımı

Çalışma sahasının bulunduğu Bingöl ili Doğu Anadolu Yöresinin Yukarı Fırat bölgesinde konumlanmaktadır. Bingöl ilinin doğusunda Muş ili yer alırken kuzeyinde ise Erzurum ve Erzincan illeri yer almaktadır. Bingöl iline ait doğu boylamları 41°20' ve 39° 56' iken kuzey enlemleri 30°31' ve 38°28'dir. Bingöl İl'inin kara yüksekliği 8125 kilometrekare, rakımı 1177 metredir. Bingöl İl'inde bu bölgelere asfalt yollar ve sabit yollar ile bağlanan 7 ilçe, 328 köy ve 749 küçük köy bulunmaktadır. Ulaşım her mevsim mümkündür, ancak bazı bölgelerde kışın kar nedeniyle ulaşım başarısız olabilir (Anonim, 2019).

Bingöl ilinin iklimi, bölgesi ve topografyası değişmektedir. Başta Merkez ve Genç olmak üzere diğer bölgelerle karşılaştırıldığında iklim oldukça yumuşaktır. Bununla birlikte, karasal iklim il genelinde hüküm sürmektedir. Yaz aylarının sıcak ve kurak geçtiği bölge kış aylarını ise soğuk geçirir. Kış aylarında görülen yağışlar kar şeklinde olurken ilkbahar ve sonbahar aylarında kar yağışının yerini yağmur almaktadır (Anonim, 2019).

2.1.2. Çevirme Mikrohavzasının Coğrafi Konumu

Çalışma sahası, merkez ilçe olan Genç ilçesi hudutları arasında, merkez ilçenin bitişinden başlayarak Çevirme, Sarısaman, Yeşildere Mah. ve Keklikdere köyünü kapsar. Çalışma sahası merkez ilçe olan Genç ilçesinin bitişinden başlar ve Genç ilçesinin doğusunda Solhan, Muş ve Diyarbakır sınırına kadar uzanır. Mikrohavzanın yüksekliği 1010 metre ile 2295 metre arasında bulunmaktadır (Anonim, 2019).

Çalışma sahasına ait yükseklik ortalaması yaklaşık 1450 m iken çalışma alanının yaklaşık yağış değeri ise 831 mm'dir (Anonim, 2019).

Tarım ve hayvansal üretime uygun iklimsel ve çevresel şartlara sahip bir havzada, arazi uygun bir kapasite düzeyinde kullanılırsa, bölgedeki tarımsal girdi ve hayvansal üretimin artacağı tahmin edilmektedir.

Tarım ve hayvancılık için iklim ve çevresel koşulların uygun olduğu havzalarda, arazinin münasip bir kapasitede kullanılması halinde bölgedeki tarımsal verimliliğin yanı sıra hayvancılık alanında da pozitif yönde bir artışın olacağı varsayılmaktadır.



Şekil 1. Çevirme mikrohavzasına ait harita

2.1.3. Çalışma Sahasının İklim Özellikleri

Erinç tarafından geliştirilen “Yağış Verimliliği Endeksi” yağışların yüksek sıcaklığa oranına dayanmaktadır ve aşındırıcı su toplama alanının iklim özelliklerini belirlemek için kullanılmaktadır. Bu amaçla, Çevirme havzasının 1980’den 2012 yılına kadar Genç

bölgesine ait meteorolojik verilerden faydalanılarak havzanın iklimi ve bitki örtüsü tipleri saptanmıştır. Havzaya ait 33 senelik hava şartları verilerinden ortaya çıkarılan endeks sonucu 44.4 mm/C olarak bulunmuştur. Bu veriye dayanarak, dönen mikrohavzada nemli bir iklim tipi olduğu belirlenmiştir. Nemli iklim türüne göre açıklanan bitki örtüsü Nemli Mıntıka orman türüdür (Anonim, 2019).

Erinç Yağış Etkinliği İndisi

I_m : Yağış Etkinliği İndisi

p : Yıllık yağış miktarı (mm.)

Formüle göre;

$$I_m = P / T_m$$

T_m : Yıllık ortalama yüksek sıcaklık (°C) tanımlamaktadır.

Çalışma sahasına ait senelik yağış 831.5mm,

Yıllık ortalama yüksek sıcaklık ise 18.7 °C dır.

Buna göre; Yıllık etkinlik İndeksi=831.5/18.7 ise sonuç 44.4mm/°C dır.

Tablo 1. Çevirme mikrohavzasına ait yağış sınıfları

İklim Şekli	İndis	Bitki Örtüsü
Tam Kurak	$I < 7$	Çöl
Kurak	$7 < I < 14$	Çöl - Step
Yarı Kurak	$14 < I < 22$	Step
Yarı Nemi	$22 < I < 39$	Park Görünümlü Kurak Mıntıka Ormanı
Nemli	$39 < I < 54$	Nemli Mıntıka Ormanı
Çok Nemli	$54 < I$	Çok Nemli Mıntıka Ormanı

Tablo 2. Çalışma sahası meteorolojik gözlem değerleri

Parametre	Rasat (Yıl)	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Max. Sıcaklıkların Ortalaması (°C)	33	1.6	2.9	9.6	17.4	23.6	30.2	35.2	35.1	30.1	21.9	12.4	4.9	18.7
Min. Sıcaklıkların Ortalaması (°C)	33	-7	-6	-0.3	5.8	9.7	14.1	18.1	17.1	11.6	7.1	1.2	-3.4	5.6
Ortalama Sıcaklık (°C)	33	-3.3	-2.2	3.7	10.9	15.8	21.7	26.3	25.8	20.2	13	5.5	-0.3	11.4
Ortalama Basınç (hPa)	2	902.6	899.2	901.4	899.2	899	896.2	894.9	895.4	899.1	903.1	904.2	904.2	899.8
Ortalama Nem (%)	33	72.1	71.8	66	62.4	57.2	44.9	38.6	38.6	44.5	58.1	68.8	73.2	59.4
Toplam Yağış Ortalaması (mm)	33	102.1	120.4	116.1	112.6	69	17.8	3.6	2.7	10	67.7	103.3	106.2	831.5
Ortalama Rüzgâr Hızı (m/sn)	33	0.6	0.6	0.9	1.1	1	1.1	1	0.9	0.8	0.6	0.6	0.5	0.8
Ortalama Bulutluluk	31	5.2	5.4	5.1	5	3.7	1.7	1	1	1.4	3.3	4.3	5.3	3.5
Kar Örtülü Günler Sayısı	33	21.8	21.2	9.8	0.5							1.5	9.8	10.7
Enlem: 38 K /Boylam: 40 D		Yükselti: 1250 M					Süre: 1980-2012 (33 Senelik)				İstasyon: Genç			

Tablo 2’de, çalışma alanının 33 senelik gözlem vakti boyunca meteorolojik verileri gösterilmektedir. Tabloda gösterilen değerler göz önüne alındığında, sıcaklığın en az olduğu ay Ocak ayıdır. Temmuz ayında ortalama sıcaklık 35,2 olup yılın en yüksek sıcaklık ortalaması 18,7 ° C’dir.

Ocak ayında ortalama sıcaklık -3,3 olup yılın en düşük ortalaması iken Temmuz ayının sıcaklığı 26,3° C ile en yüksek seviyededir. Yıllık ortalama sıcaklık 11, 4 ° C’dir.

Ortalama nem oranı %72,1 ile Aralık ayında en yüksek seviyededir. Senelik ortalama rutubet oranı %58,1’dir.

2.1.4. Çevirme Mikrohavzasının Jeolojik Yapısı ve Toprak Durumu

Çevirme mikrohavzasının kayaç şekli metamorfik kayadır. Öte yandan, bu kaya substratları üzerinde geliştirilen toprak genellikle derin değildir, kumlu kil ve kumlu kil dokusu ile drenajla ilgili bir sorun yoktur, tuz içermez, çoğu kireç içermez, organik maddelerin ortamı ve pH nötre yakındır. Bitki ıslahında kısıtlayıcı bir sorun olmadığı görülmüştür. Jeolojik kaya ve toprak haritası ekte sunulmuştur ve ilgili fotoğraflar aşağıda verilmiştir (Anonim, 2019).



Şekil 2. Çevirme mikrohavzası erozyon sahası



Şekil 3. Çalışma sahasında açılan toprak profili



Şekil 4. Mikaşist anakayası



Şekil 5. Toprak profilinin anakaya kadar açılan kısmı

Tablo 3. Ülkemizde meydana gelen erozyon alanlarının dağılımı

Erozyon Katmanları	II-III-IV. Sınıf Arazi (ha)	V-VI-VII. Sınıf Arazi(ha)	Toplam Alan (ha)	(%)
Orta	13.780,260	1.812,215	15.592,475	27,4
Şiddetli	2.077,270	26.257,668	28.334,938	49,6
Çok Şiddetli	1.930	13.219,548	13.221,478	23,0
TOPLAM	15.859,460	41.289,431	57.148,89	100
Rüzgâr Erozyonu	465.913	-	465,913	-

Ülkemiz de oluşan erozyon verileri yukarıda Tablo 3'te gösterilmiştir. Tablodaki bilgiler baz alındığında Türkiye'de tarımsal üretime uygun ve işleme tarımı için uygun olmayan arazilerin yarısı ciddi şekilde aşınmış ve 28 milyon hektar şiddetli, erozyona maruz kalmıştır. Orta şiddetli 15 milyon hektar arasında etkili olmakla birlikte, 13 milyon hektarlık alanı aşındırmada çok etkili olduğu bulunmuştur. İşlemeli tarımına uygun 465,913 ha sahada rüzgâr erozyonu zararı olduğu bulunmuştur.

Çalışma sahasında çoğunlukla inişli çıkışlı bir yapı mevcuttur. Çalışma sahasının büyük bölümü IV-VII sınıf arazi sınıflandırması içerisinde yer alır. Bunun akabinde mevcut sahalarda tarım faaliyetleri açısından toprağın kullanımı ciddi şekilde sınırlandırılmıştır ve bu topraklar kendi arazileri, meraları veya vahşi hayvanlar ve bitkiler için daha fazla kullanılmalıdır.

Çalışma alanında yaygın olarak şiddetli erozyon vardır. Havzadaki daha yüksek rakımlardaki mera alanlarında, hayvan basıncının neden olduğu aşınma, boyut farkı nedeniyle toprağın tamamen bariz olmasından kaynaklanmaktadır. Havzanın bazı kısımlarındaki bitki bileşimi ciddi şekilde zayıflamıştır. Hayvanların meradaki uzun süreli kalışları meraya erken girmeleri ve barınağa geç girmesi, bitkilerin bitki örtüsünü yeniden üretmesine izin vermemiş ve sıkı toprağa neden olmuştur, mera hızlı ve ciddi bir şekilde aşınmıştır. Öte yandan, zayıf bitki örtüsüne sahip topraklarda infiltrasyon çok düşüktür ve meyilli sahalarda yüzeysel akışın fazla olması sebebinden dolayı erozyon meydana gelmektedir. Mevcut sahada hiçbir teknik önlem alınmamıştır ve üst nehir havzasına öncelik verilmediğinden, erozyon da ilerlemeye devam etmiştir.

Havzadaki doğal kaynakları ve yaşam koşullarını etkileyen en önemli doğal afetler heyelanlar, seller, kaya çığları ve çığlardır. Çevirme Mikrohavzasında heyelan, sel ve çığlara neden olan en önemli faktörler ormansızlaşma ve erozyondur (Anonim, 2019).

2.1.5. Çevirme Mikrohavzasının Hidrolojik Durumunun Tespiti

Havza büyük oranda yeterli bir drenaj şebekesine, 2,51 nehir yoğunluğuna, 3,25 drenaj yoğunluğuna, 9,93 km su havzası genişliğine ve 16,51 km su havzasına sahip olduğu tespit edilmiştir (Anonim, 2019).



Şekil 6. Çalışma alanında bulunan su kaynağı

2.1.6. Çevirme Mikrohavzasına Ait Bitki Örtüsü Özellikleri

Havzada ormanlar, meralar ve tarım arazileri olduğu ve çoğunlukla meşe ağaçlarının (*Quercus sp.*), kısmen de bazı alanlarında kavak, yabani armut, huş ağacı ve diğer bitkilerin bulunduğu saptanmıştır. Zirai sahalarında ise Buğday, Arpa, Yonca vb. türlerin yanında alanda Elma, Ceviz, Armut, Ayva gibi meyve ağaçları da vardır. Mera alanlarının büyük bir kısmında Geven bitkisi bulunmaktadır (Anonim, 2019).

2.1.7. Mevcut Sahanın Sosyal ve Ekonomik Yapısı

Bingöl ili SEGE değerleri esas alındığında tüm iller arasında 72.basamakta yer almaktadır. Hem de Bingöl ili Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Endeksi bakımından Ülkemiz'in azca gelişmiş illeri içinde bulunmaktadır. 2013 nüfus sayımına dayalı nüfus sayımına göre, kırsal alanlarda yaşayan nüfus yaklaşık 265 514 olup, ilin toplam nüfusunun% 44'ünü

oluştururken, şehirlerde yaşayan nüfus %56'dır. Merkez İlçede dâhil 8 İlçe, 4 Kasaba, 318 Köy ve 723 Mezra oluşmaktadır (Anonim, 2019).

Sınırlı istihdam olanakları nedeniyle çalışma çağındaki nüfus, istihdam olanakları sağlamak için il merkezi ve diğer illerle göç etmiştir. Havzadaki köylerde bulunan nüfusun azlığından kaynaklanan kırsaldan kente göç Bingöl'de büyük ehemmiyet taşımaktadır. Geçici mevsimlik iş arayışı nedeniyle, özellikle erkek işgücünün diğer şehirlere, bölgelere ve hatta enternasyonal bölgelere gittiği görülmektedir. Bu nedenle, Çevirme Mikrohavzasında gerçekleştirilen faaliyetlerle kırsal göçmenleri önlemek, diğer yandan göçü tersine çevirmek ve işgücünü yerelleştirmek mümkündür.

2.1.8. Çevirme Mikrohavzasının Güncel Arazi Kullanımı

Tablo 4'te havzanın mevcut arazi kullanım değerini göstermektedir. Bu nedenle, havzadaki bozulmuş ormanların %52,7'sini oluşturan 3058,64 hektarlık alan ilk sırada yer almaktadır.

Tablo 4. Çalışma alanının güncel arazi kullanım tablosu

Çalışma Alanının Güncel Arazi Kullanım Şekli	Çalışma Alanının Güncel Arazi Kullanımı Alanı (ha)	Güncel Arazi Kullanımının Oransal Dağılımı (%)
Bozuk Orman	3058,64	52,7
Kumul	5,64	0,1
Orman Toprağı	1958,62	33,7
Verimli Orman	354,46	6,1
Ziraat	415,68	7,2
İskân	13,29	0,2
Genel Toplam	5809,386	100,00

Orman toprağı, 1958,62 ha ile havzanın %33,7 ünü oluşturan en büyük ikinci paya sahiptir.

Bu iki arazi kullanım tipinin akabinde hem havzada kapladığı alan ha yüzde olarak sırayla 415,68 ha %7,2 ile ziraat alanları, ondan sonra 354,46 ha %6,01 ile verimli orman alanları, iskân arazileri ve kumul alanlar ise mevcut çalışma sahasının %3 'lük kısmını oluşturmaktadır.

2.2. Metot

2.2.1. Havzadaki Fizyografik Faktörlerin Saptanması

Arazi kullanma şekli, toprak tipleri, yağış havzasının büyüklüğü ve şekli, ortalama yüksekliği, ortalama eğimi, genel bakışı ve drenaj durumu gibi etkenler dere akımını etkileyen fizyografik faktörlerdir. 1:25000 ölçekli sayısallaştırılmış haritalar yardımı ile yağış havzasının alanı, büyüklüğü, şekli, ortalama eğimi ve yüksekliği, bakışı belirlenmiştir. Genellikle, bu faktörlerin harita üzerinde manuel olarak algılanması zordur ve bu faktörlerin bir CBS ortamında belirlenmesi hızlı, kolay ve güvenilirdir.

2.2.1.1. Arazi Kullanım Şekli

Havzadaki su akışı, toprak erozyonu, sel ve taşkınların kontrolünü sağlamak için havzadaki arazi kullanım düzenini belirlemek ve araziyi arazi kullanım kapasitesi kategorisine göre kullanmak gerekir. Topografik harita, amenajman planı ve arazi gözlem verilerine dayanarak, CBS ortamında çalışma alanındaki arazi kullanım şekli belirlenmiştir.

2.2.1.2. Havza Alanı

Çevirme Mikrohavzası alanı 5809,386 hektar olup yağış havzasının alanı CBS yardımıyla belirlenmiştir. Havzanın sınırları havzayı sınırlayan su ayırım çizgisi esas alınarak harita üzerinde çizilerek oluşturulmuştur. Bunun akabinde CBS ortamında yapılan sayısallaştırma işlemleri ile havza alanı bulunmuştur.

Havzanın büyüklüğü hidrolojik ilişkiler, sosyo-ekonomik özellikler, yönetim ve arazi sınıflandırmasında önemli bir rol almaktadır. Havza planlaması yapılırken havza büyüklüğü araştırma sonuçlarını etkileyecektir, ancak alan azaldıkça daha doğru sonuçlar ortaya çıkacaktır.

2.2.1.3. Havza Şekli

Havzanın boyutu arttıkça, havzanın şekli farklı olacaktır. Havzanın şekli birçok faktör üzerinde önemli etkilere sahiptir. Bu faktörlerden bazıları akış sularının havzadan ayrılma zamanı, drenaj sistemi ve hidrolojik kalitedir. İnce uzun havzalarda suların havzadan boşalması dar ve geniş havzalara göre daha geç olur. Aynı zaman da ince ve uzun havzalarda sel ve taşkın riski daha düşüktür. Havza uzunluğunu L harfi sembol ederken havza genişliği B harfi ile gösterilir. Havza içerisinde bulunan en uzak iki noktanın birleştirilmesi ile havza uzunluğu, havza enindeki en uzak iki noktanın birleştirilmesiyle de havza genişliği saptanmış olur. Bu açıklamalar sonucunda Çalışma sahasına ait havza uzunluğu, havza genişliği ve havza çevresi verileri sırasıyla 1650m, 9930m ve 36000 m olarak bulunmuştur.

2.2.1.4. Form Faktörü

Form faktörü bir su havzası özelliğidir ve havzadaki sedimantasyon suyunun varış zamanını ve hızını etkilemektedir. Form faktörü, havza alanını havza uzunluğunun karesine bölerek bulunur (Aydın, 2009) .

2.2.1.5. Şekil Faktörü

Bir havzaya ait uzunluğun karesinin havzaya ait alana bölünmesi ile elde edilir (Özhan, 2004).

2.2.1.6. Dairesellik Oranı

Havzanın şeklinin saptanmasında dairesellik oranından faydalanılmaktadır. Dairesellik oranı bulmak için bir havza alanının (Ah), aynı havzaya ait çevre uzunluğuyla eş değer bir dairenin alanına bölünmesi işlemi ile bulunur.

2.2.1.7. Uzunlaşma Oranı

Bu parametre, alanı havza alanına eşit olan bir dairenin yarıçapının havzanın maksimum uzunluğuna bölünmesiyle elde edilen havza şeklinin dar veya geniş formunu temsil eder. Uzunlaşma oranı 0,6-0,8 değerleri arasında ise havzanın arazi yapısı çoğunlukla dik ve sarp bir yapıya sahiptir. Ancak uzunlaşma oranı 1 yakın bir değere sahip ise arazi yapısı alçaktır (Balcı & Özyuvacı, 1988).

2.2.2. Mevcut Alandaki Çalışmalar

Şekil 7’de belirtilen toprak profillerine istinaden, çalışma alanının toprak örnekleri alandan alınmıştır. Çalışma sahasında 12 adet toprak profil çukur açılmış ve mevcut profillerden 0-30 cm, 30-60 cm ve 60-90 cm derinlikte toprak örnekleri toplanmıştır. Araştırma alanındaki bazı profillerin 90-120 cm derinliğinden toprak numunesi alınamamıştır.

Toprak profilleri 120 santimetre derinlikte kazılmıştır. Toprak profilinin bir el küreği yardımıyla kontrol edilecek kısmı düzeltilerek sınırını ve katmanını belirlenmiştir. Bu sınırları belirlemek için, işaret çubuğu her katman sınırına sabitlenmiştir. Bu işlem sonucunda, belirlenen her tabakadan 1,5-2 kg toprak numunesi toplanmıştır. Bu örnekler kurşun kalem kullanılarak profil numarası ve derinliği yazılarak paketlenmiştir. Açılan her profil için etiketler hazırlanıp toprak profilinin konumu vb. özellikleri hakkında bilgiler belirtilmiştir. Profilin açılması sürecinde iş makinesinden faydalanılmıştır.



Şekil 7. Arazide açılan örnek profil çukurları



Şekil 8. Arazide açılan örnek profil çukurları



Şekil 9. Arazide açılan örnek profil çukurları

2.2.3. Laboratuvarda Yapılan Analiz Safhası

Mevcut sahadan toplanan toprak örnekleri Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi'ne ait toprak analiz laboratuvarında işlemlere tabi tutulmuştur. Doğal ortamdan ayrılan örnekler laboratuvar ortamına getirildi ve kuru hava haline gelene kadar 1 m² 'lik kâğıt üzerine yerleştirilip beklendi. Bu işlemde, istenen kuruluğa ulaşan toprak numunesi bir kap içinde dövüldü ve daha sonra analiz için 2 mm genişliğinde bir elekten geçirildi.

Suyla doygunluk (saturasyon çamuru): Topraktaki çözünür iyonların iletkenliğini belirlemek için doymuş çamur hazırlanır (Richards, 1954). Daha önce 2 mm'lik bir elekten geçen bir porselen kâseye 100 g toprak konulmuştur. Sıfırlanmış otomatik büretimize artırılmış su konularak büret içindeki saf su, kâsedeki toprağa yavaşça eklenir ve bir kürek yardımıyla karıştırılır. Toprak bulanıklaşana ve su ile doygun hale gelene kadar işleme devam edilir. Toprak tamamen suya doyunca tüketilen toplam su miktarı not edilmiştir. (Bower and Wilcox, 1965).

Tekstür Tayini: Araziden alınan toprak numunelerinin kum, toz ve kil oranlarını belirlenmesinde tekstür analizi Bouyoucos'un hidrometre yöntemi temel alınarak yapılmıştır. Yapılan analizde 2 mm'lik elek yardımıyla elenen hava kurusu toprak

numuneleri kullanılmıştır. Yapılacak analiz için ağır topraklardan 50 gram, hafif topraklardan ise 100 gram numuneler alınmıştır. (Bouyoucos,1936). Bu işlem akabinde alınan numuneler 400 ml'lik beherlere konulmuş içerisinde 200 ml saf su ve 10 ml %5'lik kalgon çözeltisi ilave edilerek karıştırılmış ve 24 saat süre ile dispersleşmeye bırakılmıştır. 24 saat sonra beherlerde bulunan karışımlar, çırpıcı yardımı ile 5 dakika boyunca karıştırılmış daha sonra da hidrometre silindire konulmuştur. Karıştırma kabının içerisinde kalan tüm toprak parçacıklarının hidrometre silindire aktarılması için, içerisinde saf su bulunan bir piset kullanılmıştır. Daha sonra hidrometre silindirindeki su seviyesi 1000 ml'ye ulaşınca kadar üzerine saf su eklenmiştir. Hidrometre silindirinde bulunan karışım mekanik karıştırıcı çubuğu kullanılarak 20 defa aşağı-yukarı yönde hareket ettirilerek karıştırılmıştır. Hemen akabinde ise hidrometre silindirinin içine konulmuş ve uluslararası toprak cemiyetinin tanımlamasına dikkate alınarak ilk okuma 4 dakika 48 saniye (4'48") de, ikinci okuma ise 120 dakika (120') sonunda yapılmıştır (Irmak, 1972; Gülçur, 1974; Balcı, 1996).

pH: Standart bir elektrot ve bir pH metre vasıtasıyla, saf su ile karıştırılmış doymuş bir topraktaki hidrojen iyonlarının aktivitesini potansiyometrik bir şekilde ölçmesidir (Homeck, 1989). Toprak su bileşimindeki pH metre, elektrot ya da elektrotlar ile sıvı arasındaki potansiyel farkın ölçülmesine ilkesine dayanır. 100 gram toprak örneği alınıp, 2 mm'lik bir elekten geçirildikten sonra porselen tabağa saf su ilave edilmiştir. Toprak çökene ve su berraklaşana kadar elde edilen karışımı karıştırmaya devam edilmiş ve toprak elektrot tarafından alt noktaya indirilince, elektrot mevcut suya sokulup pH değeri not edilmiştir (U.S. SalinityLaboraty, 1954).

Elektriksel iletkenlik (EC): Oluşturulan doymuş çamur 24 saat süresince hava ile teması engellenecek şekilde ağzı kapalı bir kaptaki bekletildi ve daha sonra elektriksel iletkenlik (EC) bir EC metre kullanılarak bulunmuştur. Elektriksel iletkenlik metrede bulunan direnç iletkenlik haline geldikten sonra ve tuzluluk oranı belirlenmiştir (Richards, 1954).

Kireç Oranının belirlenmesi: Toprağa asit ilave ederek toprak içerisinde bulunan karbonat içeriğini belirlenmesidir. Toprak ve seyreltik asit arasındaki reaksiyonun sonucu aşağıdaki prensibe dayanmaktadır: kapalı boru hattında karbonat (CO₂) tarafından salınan gaz miktarı Scheiblerkalsi metresi ile ölçülür ve topraktaki kireç oranı bu değer kullanılarak hesaplanır (Alison, 1965). 2 mm elekten elenmiş topraktan 1gram toprak örneğini bir kalsiyum şişesinin içerisine tartılıp yerleştirilmiştir. Kalsiyum ölçer tüpünü

sıfıra ayarladıktan sonra, hidrolik asidi tüpteki örnekle temas ettirilmiştir. Hidrolik asit toprakla reaksiyona girdikten sonra hacim ölçülmüş ve kireç oranı bu değere göre ortaya konmuştur (Çağlar, 1949).

Organik Maddenin Belirlenmesi: Walkey-Black yöntemi 1967 senesinde Jackson tarafından revize edilmiştir. Çalışma esnasında bu yöntemden faydalanılmıştır. Elde edilen örneği sülfürik asit ve dikromat ile tepkimeye girdirerek potasyum dikromat ile toprağın içindeki doğal karbonun yükseltgenmesini (oksitlenmesini) temin etmek ve bu işlem için kullanılan potasyum dikromattan fazla kalanı standart demir sülfat ile titre etmek yöntemiyle örneğin içindeki karbonun ve organik maddenin miktarını belirlemek prensibini oluşturur. 500 ml'lik bir Erlenmeyer şişesine 0,5 mm'lik bir elek ile 1 gram toprak örneği yerleştirilmiştir. Erlenmeyer şişesine yerleştirilen toprak örneğine 10 ml potasyum dikromat ilave edilmiştir. Tamamen kromat çözeltisi ile ıslatılmış toprağa 20 ml yoğunlaştırılmış sülfürik asit ilave edildikten sonra 1 dakika süresince çalkalanmıştır. Sonrasında 150°C sıcaklığa getirilmiş hot-pleyt üstüne erlenmeyer şişesi yerleştirilmiş ve akabinde 1 dakika boyunca ısıtılmıştır. Bu işlemin ardından, Erlenmeyer şişesinde ısıtılan çözelti tuğla kırmızısı rengine ulaşırsa, soğuması için bir süre beklenir lakin istenilen renge henüz ulaşmamış ise 10 ml'lik başka bir potasyum dikromat ilave edilerek elde etmeye çalışılan renk tonuna ulaşılmaya çalışılır. İstenen renge ulaşan toprak çözeltisinin soğumasına izin verilip, 200 ml damıtılmış sıvı katılarak, akabinde 13-14 katre baryum sülfat (BaSO₄) katılarak ve hafifçe karıştırmak için çalkalanmıştır. İşlem tamamlandıktan sonra çözelti ferrik sülfat çözeltisi ile titre edilmiş ve otomatik bir büret içine konulmuştur. Hemen akabinde 1-2 damla ilave edildikten sonra sırasıyla rengin mor, koyu mavi ve yeşile döndüğü gözlenmiştir. Çözelti yeşile döndüğünde, ferrik sülfat tüketimi kaydedilecek ve organik madde miktarı buna göre bulunacaktır (Ülgen ve Ateşalp, 1972).

2.2.4. WEPP (Water Erosion Prediction Project) Modeli

Bingöl ili Genç ilçesi Çevirme Mikrohavzasında WEPP ve GIS / GIS (Coğrafi Bilgi Sistemi) entegre edilerek, havzada ki tahmini toprak kaybını ve sedimantasyon verimliliğini bulmak için GeoWEPP programından faydalanılmıştır. Son zamanlarda bilgisayar teknolojisinde ortaya çıkan gelişmeler ile farklı erozyon modelleri ve paket programları ortaya çıkarılmıştır. Ayrıca GeoWEPP programı GIS ile entegrasyon yoluyla 2001 yılında geliştirilmiştir.

WEPP Erozyon Modeli ABD da, Ormancılık, Zirai Araştırma ve Toprak Koruma Servisleri, ABD Jeoloji Araştırma müesseselerinin bilim insanları tarafınca 1985-1995 yılları içinde meydana getirilen ortak bir çalışmanın çabası olarak ortaya konulmuştur. WEPP Erozyon Modeli 1995 senesinde tarım, orman, mera ve öteki araziler için değişik yöntemler ile program başarı göstermiş bir biçimde uygulanmaya başlanmıştır (Elliot, 1995). Aynı organizasyonun entegrasyonu kapsamında GeoWEPP, WEPP erozyon modelinin CBS ile entegre edilmesi ile tanıtılmış ve uygulayıcılar tarafından yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Yüksel, 2007; Wu ve ark., 2000).

WEPP modeli, iklim verilerini, yüzey ve zemin hidrolojisini, sulama, bitki büyüme geçmişi, nadas zamanı, hasat zamanı, toprak depolama ve sediment depolama ve taşıma konularını içerir. Veri giriş dosyaları oluştururken, iklim, toprak ve bitki dosyaları oluşturmak için basit bir DOS ara yüzü kullanabilirsiniz. Ancak bilgisayar teknolojisinin hızla yaygınlaşması ile bu dosyalar Windows TM ortamında oluşturulabilir ve modelin çıktı dosyaları Windows grafik ortamında görüntülenebilir.

WEPP erozyon modeli, yamaçlarda toprak kaybının ve sedimentlerin ne zaman ve nerede meydana geldiğini, nehirlerdeki toprak kaybını ve sediment taşınmasını ve bunların depolama yerlerini ortaya çıkaran sürekli bir bilgisayar simülasyon programıdır. Önleyici tedbirlerin alınmasında ve en uygun yöntemi seçmede etkilidir.

WEPP modeli, toprak erozyonunu ve taşınmasını hesaplamak ve tahmin etmek için kullanılan birçok kavramın birleşiminden oluşur.

Bunların bazıları aşağıda verilmiştir:

1. İklim (Yağış Parametreleri, Sıcaklık(Max. Min.), Güneş Radyasyonu, Rüzgâr)
2. Kış (Don-Çözülme, Kar Birikimi, Kar Erimesi)
3. Tarımsal Sulama (Serpme, Damlama)
4. Hidroloji (İnfiltrasyon, Depresyon Birikimi, Yüzeysel Akış)
5. Su Dengesi (Evapotranspirasyon, Perkolasyon, Drenaj)
6. Topraklar (Tipleri ve Özellikleri)
7. Ürün Gelişimi (Tarım arazileri, Mera alanları ve Orman alanları)
8. Ölü Örtü Birikimi
9. Tarımsal sürümlerin İnfiltrasyon ve erodobilite üzerindeki etkileri
10. Erozyon (Parmak, Oluk ve Oyuntu)
11. Sediment dağılımı ve birikimi

2.2.4.1. WEPP Bilgisayar Model Girişleri

Eğim Dosyası (Slope File): Havzanın eğim veya topografik koşullarını gösteren bir dosya Eğim dosyası, eğim üzerindeki eğim ölçülerek veya CBS kullanılarak DEM oluşturularak belirlenir ve yağış havzasının eğim koşullarını ortaya koyar.

İklim Dosyası (Climate File): İklim, yağış havzalarının veya yamaçların erozyonunu etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Her bölge için iklim verilerine dayalı bir iklim dosyası oluşturulup modelde bu dosya kullanılmıştır.

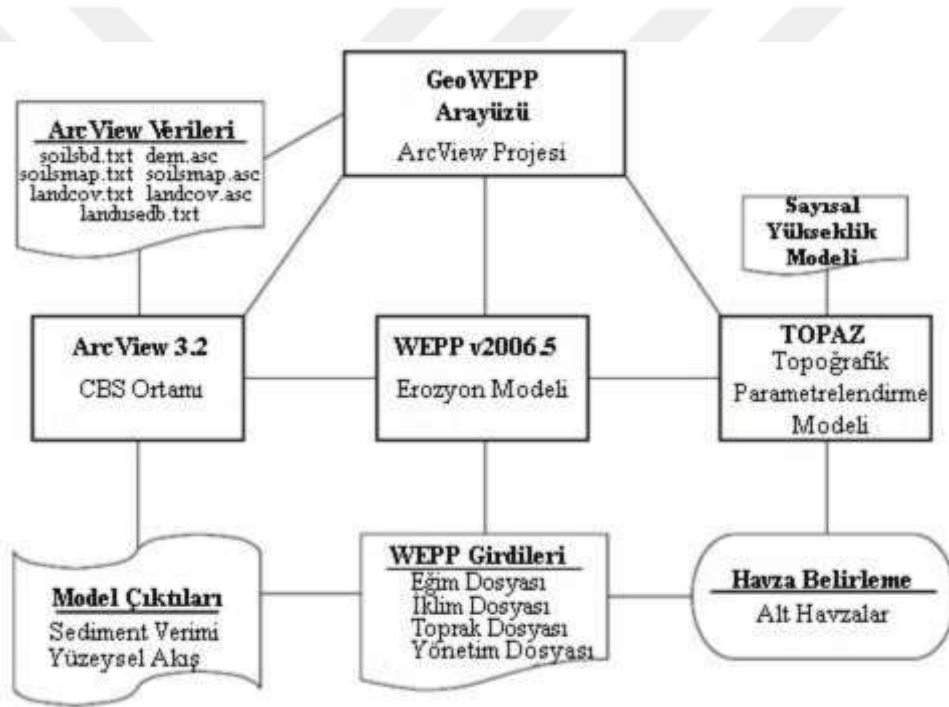
Toprak Dosyası (Soil File): WEPP için oluşturulan toprak dosyasında maksimum derinlik 180 cm'dir. WEPP modelinde 8 farklı zemin tabakasının değerleri kullanılabilir. Örneğin toprak derinliği 100 cm olduğunda 3 bağımsız tabakadaki değerler; 0-200 mm, 200-500 mm, 500-1000 mm olarak kullanılabilir. Toprak dosyası yapılırken alanda bulunan her bir yamaç için veya Overland Flow Element (OFE) için birbirinden farklı toprak dosyaları oluşturulur. Toprak özelliklerinin değiştiği alanlarda bulunan yamaçlardaki OFE'lerde değişir. WEPP modelinde erozyonu tahmin etmek için kullanılan toprak dosyasında toprağın belirli fiziksel ve hidrolojik özellikleri kullanılmaktadır.

Management File (Bitki Amenajmanı Dosyası): Araştırma sahası orman ve meradır. Mera ve orman bitkilerinin yüksekliğini, gölgelik oranını, otlak olup olmadıklarını veya ne zaman olduklarını belirlenip ve GIS ortamında bir "bitki yönetimi" dosyası oluşturularak GeoWEPP ortamında arazi kullanımı ile ilgili yamaçlarda kullanılmıştır. Bu amaçla havzanın ilk DEM'i oluşturulmuş ve TOPAZ ile entegre edilmiş ve ilgili alanlarda arazi kullanım yöntemleri benimsenmiştir.

2.2.4.2. GeoWEPP

GeoWEPP programı, GIS, WEPP ve TOPAZ programlarını entegre eden ve büyük yağış havzalarına uygulanma imkanı sağlayan en son WEPP teknolojisidir. GeoWEPP, WEPP erozyon modelinin bazı eksikliklerinin üstesinden gelir. Yani, WEPP erozyon modeli genellikle Windows ortamında çalıştığı için, küçük havzalarda veya yamaçlarda toprak kaybını ve sediment verimliliğini gösterebilir. GeoWEPP 'de yoğun yağış havzasının DEM, bitki örtüsü ve toprak dosyası CBS ortamında oluşturulduğundan, her birimdeki toprak kaybı ve sediment verimliliği özellikleri grafik harita olarak sunulmakta ve yazdırılmaktadır.

WEPP modelinin uygulanmasında WEPP'in eğim ve girdi parametrelerini, özellikle arazi faktörlerini ayırmak zordur. WEPP modeli ArcView 3.2 GIS ve TOPAZ ile entegre edilmiş ve GeoWEPP modeli önerilmiştir. GeoWEPP' de gerekli olan girdi dosyaları (bitki örtüsü, arazi kullanımı, eğim, toprak ve amenajman) WEPP ve TOPAZ birlikte kullanılarak oluşturulur. Aynı zamanda GeoWEPP entegre model programında oluşturulan bu dosyaların veri tabanı soilsdb.txt, soilsmap.txt, landcov.txt ve landusedb.txt dosyalarını içerir. GeoWEPP modeli, programdaki gerekli verileri çalıştırmak için ASCII formatında dönüştürülmüş dem.asc, soilsmap.asc ve landcov.asc grafik verilerini (grid) kullanarak her katman için gerekli bilgileri elde eder. Netice olarak havza çıktıları da GIS etrafında ortaya konulmaktadır (Yüksel ve ark., 2007).



Şekil 1. GeoWEPP akış diyagramı (Yüksel ve ark., 2008)

GeoWEPP Çıktı Tipleri: Genellikle giriş dosyası ile veriler WEPP programına girildikten sonra eğimli arazi veya yağış havzasının oluşturduğu toprak miktarı hesaplanır ve modelin çıktı görüntüsü bilgisayar ekranından elde edilir. Ayrıca GIS ile entegrasyon sayesinde ArcView ve GRID modülleri ile arazinin DEM (Sayısal Yükseklik Modeli) elde edilebilmekte, yağış havzasının arazi verileri daha etkin bir şekilde hesaplanabilmekte ve GIS haritaları elde edilebilmektedir.

WEPP modelinde kullanılan parametrelere göre sonuç değerleri günlük, aylık ve yıllık olarak alınabilir. Text ortamında ve grafiklerde yağış havzası veya eğim kaybını, sediment depolamasını, yüzey akış değerlerini, havza alanını ve benzeri değerleri görülebilmektedir. Ayrıca GIS ile entegre GeoWEPP programında sonuç raster görüntü olarak da alınabilmektedir.

WEPP modeli çalıştırılarak hidrolojik veriler, toprak kaybı ve fabrika yönetimi durumu bilgisayar ekranından görüntülenebilir. WEPP modelinde, her bölüm boyunca toprak yapısını, eğim durumunu, amenajman durumunu ve toprak kaybı durumunu görüntülemek için fareyi kullanabilirsiniz.

2.2.4.3. WEEPcloud

Su Erozyonu Tahmin Projesi (WEPP) modeli, arazi yönetimi farklılıklarının yüzeysel akışa ve sediment verimi üzerindeki sonuçlarını değerlendirmek için akademisyenler ve arazi yöneticileri tarafından yaygınca kullanılan bir hidroloji ve erozyon modelidir.

WEEPcloud, İnternet'e bağlı mevcut bilgisayardan oturum açma verilerini ve hidrolojik simülasyonları oluşturmaya yardımcı olan çevrimiçi ara yüzüdür. Kullanıcı çalışma sahasını belirleyip bir havzayı tanımlayabilir. Bunun akabinde ulusal yada yerel olarak program içinde depolanan veri tabanında toprak, yönetim ve iklim bilgilerini seçerek çalışma sahasının yüzeysel akış ve toprak erozyonu tahminlerini elde edebilmektedir. Elde edilen metin dosyaları ve Jeo-uzamsal haritalar görüntülenebilmektedir ve aynı zamanda indirilebilir. Oluşturulacak simülasyon mevcut havzanın büyüklüğüne bağlı olarak farklı süreler içerisinde oluşturulur.

2.2.4.4. Python Programlama Dili

Python yazılımı ilk defa ArcGIS 9,0 sürümünde kullanıcılarla buluşturulmuştur. ArcGIS 9,0 sürümünden beri Python yazılımı bir komut dosyası dili olarak kullanılmaktadır. Yenilenen her ArcGIS sürümüyle beraber Python programlama dilinin kullanım alanı artmakta ve gelişmektedir. ArcGIS 10,0 sürümünde Python çok yaygın bir

rol oynamaya başlamıştır. Bu yüzden Esri Python programlama dilini tam manasıyla benimsemiştir (Esri Online Help).

Guido Van Rossum'un 1991 yılında geliştirmiş olduğu Python yazılımı dinamik nesne yönelimli bir programlama dilidir (Harwani, B. M., 2012). Python, platformdan bağımsız bir programlama dilidir. Bu şekilde Linux, Windows, Mac OS X, BSD, Solaris, AIX, AROS, AS / 400, BeOS, MorphOS, S60, iPOD, iphone, Android ve Macintosh dâhil olmak üzere tüm büyük donanım platformlarında ve işletim sistemlerinde çalışabilir. Ek olarak, Python programlama dilinin kısa sözdizimi, onu Eric S. Raymond, diğer birçok programcı ve Google için Ruby ve Perl gibi alternatif dilleri geride bırakarak tercih edilen dil yapar (Raymond, E., 2000; Swaroop, C. H., 2003). Python dilinin sözdizimi çok basit olduğu için, diğer dillere göre program yazmak ve başkaları tarafından yazılmış programları okumak daha kolaydır.

Dünya genelinde 1 milyon Python kullanıcısı olduğu varsayılmaktadır. Bu varsayım, indirme oranlarına web istatistiklerine ve geliştirici anketlerine dayanmaktadır. Python çok büyük ve aktif bir kullanıcı kitlesine sahiptir. Dünyada en çok kullanılan 10 programlama dillerinden bir tanesidir. Python'un bu 10 programlama dili arasında gösterilmesinin asıl sebebi 20 yılı aşkın bir süredir büyük kitleler tarafından kullanılması ve sürekli olarak gelişmesidir. Bu yüzden Python çok kuvvetli ve stabil bir programdır. Şirketler tarafından da kullanılan Python programlama dili gelir sağlamak amacı içinde kullanılmaktadır. Python kullanan bazı ünlü firmalara örnek verecek olursak;

- Google web arama motorlarında Python'u aktif bir şekilde kullanmaktadır.
- Youtube çok büyük kısmı Python ile yazılmıştır.
- Depolama servisi olan Dropbox ana yazılım olarak Python'u kullanmıştır.
- Paylaşım sitesi olan BitTorrent bu programlama dili ile geliştirilmektedir.
- NSA (National Security Agency) Kriptografi ve istihbarat analizi amaçlı bu programlama dilini tercih etmektedir.
- Intel, Cisco, Hewlett-Packard, Seagate, Qualcomm ve IBM donanım testlerinde Python yazılımını kullanmaktadır.
- ESRI kullanıcıların geliştirebileceği araçlarda Python programlama dilini kullanmaktadır (Lutz, 2013).

2.2.5. RUSLE Erozyon Modeli

RUSLE bir erozyon risk tahmin modelidir. Birim alan başına toprak kaybı miktarını hesaplamak için USLE erozyon modelinin 1987 yılında revize edilmiş halidir. Daha önceki çalışmalardan yola çıkılarak geliştirilen yeni bir erozyon tahmin modelidir. Ülkemizde birçok çalışmada RUSLE erozyon modeli kullanılarak farklı çalışmalar yapılmış ve farklı alanlarda uygulanmıştır (İrvem ve Tülücü, 2004; Ekinci, 2005; Cürebal ve Ekinci, 2006; Ekinci, 2007; Değerliyurt, 2013).

USLE modeli Wischmeier ve diğerleri tarafından geliştirilmiştir ve esas olarak tarım sahalarında kullanılması planlanmıştır. 1972 yılında geliştirilip ilk başta inşaat alanlarında daha sonra mera ve ormanlık alanlarda kullanılmıştır (Erkal, 2012). USLE ve RUSLE, arazi kullanımı ve kapalılık, topografya, toprak tipi ve yağış arasındaki ilişkiye dayalı olarak uzun vadeli ortalama yıllık toprak kaybını tahmin etmektedir. USLE, tarım alanlarındaki düşük eğimli arazilerde toprak erozyonunu hesaplamak için kullanılmıştır (Wischmeier ve Smith, 1978). Öte yandan, RUSLE, bozulmuş alanlar, meralar ve ormanlar dahil olmak üzere daha geniş bir uygulama alanına sahiptir (Renard ve ark., 1997).

$$A = R \times K \times LS \times C \times P$$

A : Yıllık toprak kaybı ($t \text{ ha}^{-1} \cdot \text{yıl}^{-1}$)

R : Yağışın erozyon oluşturma gücü [$\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ saat}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$]

K : Toprağın erozyona duyarlılık faktörü ($t \text{ ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ saat mm}^{-1}$)

L : Eğim uzunluğu (m)

S : Eğim derecesi (%)

C : Ürün yönetimi faktörü (Bitkisel örtü) (birimsiz)

P : Toprak koruma yöntemleri faktörü

Yağmur Erovizite İndeksi (R): Yağmur erozif faktörü (R), yağış sebebiyle oluşabilecek potansiyel erozyonu temsil eder (Chen ark., 2011). Yağmur erozif faktörü (R), belirlemek için toplam yağış ve toprağa düşen yağış miktarının kinetik enerjisi dikkate alınır. Yağışın erozyon etkisini belirlemek için, yağışın toplam kinetik enerjisi ile RUSLE denklemindeki 30 dakikalık maksimum yoğunluğun (EI = erozyon indeksi) çarpılmasıyla elde edilen değer, toprak kaybının hesaplanmasında önemli bir faktördür (Cürebal - Ekinci, 2006).

Toprak Erodibilite Faktörü (K): Erodibilite (toprağın erozyon eğilimi), toprağın kendi yapısının farklı niteliklerinin sonucunda erozyona karşı direncini ve erozyona maruz kalma eğilimini gösterir. Toprağın erodibilitesi, esas olarak toprağın içyapısını meydana getiren fiziksel ve kimyasal niteliklere bağlıdır. Yani toprağın tekstür ve strüktürü ile alakalıdır. Aynı aşındırıcı etkenler karşısında bazı topraklar dirençlidir. Fakat bazı topraklar rahat bir şekilde çözünür ve dağılarak erozyona maruz kalır (Balcı, 1996). 1978 yılında Wischmeier ve Smith tarafından geliştirilip kullanılan Evrensel Toprak Kaybı Tahmin Modeli (USLE) denkleminde bulunan faktörlerden birisi olan toprak erozyon faktörü K, toprakların organik madde içeriği, dokusu, yapısı ve su geçirgenliğine bağlıdır ve erozyona karşı direnç gösterir.

Eğim Uzunluğu ve Eğim Derecesi Faktörü (LS): Eğim faktörü RUSLE modeli için eğim derecesini ve eğim uzunluğunu temsil etmektedir. Yüzey akışın meydana getirdiği bir noktadan, meyilin azaldığı ve birikmenin başladığı yahut yüzey akışın bir kanala kadar olan yatay uzaklığına eğim uzunluğu (L) denir (Wischmeier ve Smith, 1978). LS değerinin CBS ortamında hesaplanması için birden fazla araştırmacı farklı çalışmalar yapmıştır. Bu çalışmaların temel sebebi LS faktörünün arazi ortamında hesaplanmasının oldukça güç olmasıdır.

Desmet ve Grovers (1996), Nearing (1997), Hickey (2000), Van Remotel ve ark. (2001, 2004), Kinnell (2005) bu araştırmacılardan bazılarıdır. Yukarıda bahsedilen araştırmacılar, LS değerini bulmak için farklı denklemler ortaya çıkarmalarına rağmen, eğim derecesi ve akışın toplamı hepsi tarafından ortak kabul edilmiş yalnızca sabit sayılar ve kullandıkları algoritmalar farklılık göstermiştir. Araştırmalar sonunda araştırmacıların tümü tarafından ortak kabul edilecek bir denklem olmadığı görülmüştür. Ortaya konulan çalışmalara göre yükseltinin fazla olduğu dağlık sahalarda yamaç uzunlunun fazla olması ve yamaç şeklinin farklılıklar göstermesi LS faktörünün hesaplanmasındaki karşılaşılan en büyük problemdir.

Wang ve ark. (2001), Lee (2003), Başaran (2005), Onori ve ark. (2006), Bahadır (2008), Bayramin ve ark. (2008) ve Özcan ve ark. (2008) vb. araştırmacılar, araştırmalarında LS faktörünü hesaplamak için Moore ve Burch (1986), tarafından tavsiye edilen denklemden faydalanmışlardır. Kendi çalışmamızda da Moore ve Burch (1986)'un önerdiği denklem $(LS = (Akış\ Toplamı * Hücre\ Büyüklüğü / 22.13)^{0.4} * (\sin\ Eğim / 0.0896)^{1.3})$ kullanılmıştır.

Bitki Yönetim Faktörü (C): USLE ve RUSLE'da bitki yönetimi faktörleri artmakta ve amenajman yöntemlerinin erozyon üzerindeki etkisini belirtmek için kullanılmaktadır. Bu, amenajman yöntemlerinin toprak koruma programları üzerindeki etkilerini karşılaştırmak için kullanılan en yaygın faktördür. Yaygın şekilde kullanılan bu faktör toprak koruma planında ortalama yıllık toprak kayıp potansiyelini veya uygulanacak olan farklı amenajman yöntemleri esnasında belli bir süre içinde oluşacak bozulmaları gösterir (Renard ve ark., 1997).

Bitki örtüsünün zayıf veya güçlü olarak farklılık göstermesindeki temel etken mevcut konumu ve mevsimlerdir. Buna mukabil her bir alanın üretim durumu, yıllık yağış potansiyeli ve bitki geliştirme aşamalarındaki farklılıklar nedeniyle, C faktörü analizler yardımıyla bulunmalıdır (Özsoy, 2007).

Toprak Koruma Önlemleri Faktörü (P): Toprak koruma faaliyetlerini oluşturan faktöre P faktörü denmektedir. Toprak erozyonun hızlanması veya yavaşlaması eğim yönünde veyahut eğime dik yönde yapılan toprak işleme etkilemektedir. Büyük havuzlarda P faktörünün konum dağılımını belirlemeye yönelik bir yaklaşım yoktur. Ülkemiz 'de toprak koruma faaliyetleri sınırlı seviyede uygulanmakta ya da hiç uygulanmamaktadır. Bu faktör dikkate alınarak çalışmanın mevcut çalışma alanında gözlemler yapıldığında ortaya konulan sonuçlarda toprak koruma yöntemlerine rastlanmamıştır. Bu sonuca istinaden $P=1,0$ olarak dikkate alınmıştır (Wischmeier ve Smith, 1978).

2.2.6. Çalışma Sahası Değerlendirme

Araştırma sonuçlarından sağlanan araştırma verileri CBS tarafından değerlendirilmiştir. Yersel ölçümler alan çalışmaları, tarım faktörleri, toprak ve su kaynakları idaresinde hayati önem taşımaktadır. Çevreyi veya doğal kaynak yönetimini geliştirmek için tarımsal faaliyetlerin araştırılmasında ve uygulanmasında nokta örnekler kilit bir rol üstlenmiştir. CBS tarafından sağlanan fırsatlar nedeniyle, nokta örnekleri daha iyi bir şekilde toplanabilir. CBS, çalışma alanını, toplama yoğunluğunu ve alandaki dağıtım yöntemini sembolize eden nokta örneklerinin sayısını belirlemek için çalışmayı büyük ölçüde basitleştirecek bir programdır. CBS ile belirtilen yerler sahalara dönüştürülecek aynı zamanda o sahalara alakalı çözümler uygulanabilecektir (Gedikoglu, 2000).

Hali hazırda kullanılan coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve uzaktan algılama programlarının yardımıyla, zamandan tasarruf ve gerçeğe daha yakın olan işlemleri manuel olarak yapılabilmektedir. Coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama programları aktif bölgedeki harita ile ilgili materyalleri dijitalleştirmek için kullanılmıştır. ArcGIS 10,6 programı kullanılarak, çalışma alanının toprak veri tabanının oluşturulması, topografik haritanın dijitalleştirilmesi ve hava fotoğraflarının analiz edilmesi sağlanmıştır.



3. BULGULAR

Çalışma bölgesinden elde edilen ve laboratuvar araştırmalarıyla veriler elde edilmiş örnekler ve ortaya çıkan veriler incelenmiştir. Bu kısımda havza özelliklerini açıklayıp toprak kalitesini irdedeleyeceğiz.

CBS programından sağlanan bilgiler yardımı ile havza alanı, havza büyüklüğü ve havza karakteristikleri başlıkları içerisinde topografik özellikler, reliyef ve eğim özelliklerinden söz edilecektir.

Faaliyet alanından elde edilen örneklerin analizleri akabinde ortaya çıkan sonuçlar toprak karakteristikleri katagerosinde ortaya konmuştur.

3.1. Havzadaki Fizyografik Faktörlerin Saptanması

Arazi kullanma şekli, toprak tipleri, yağış havzasının büyüklüğü ve şekli, ortalama yüksekliği, ortalama eğimi, genel bakışı ve drenaj durumu gibi etkenler dere akımını etkileyen fizyografik faktörlerdir. 1:25000 ölçekli sayısallaştırılmış haritalar yardımı ile yağış havzasının alanı, büyüklüğü, şekli, ortalama eğimi ve yüksekliği, bakışı belirlenmiştir. Genellikle, bu faktörlerin harita üzerinde manuel olarak algılanması zordur ve bu faktörlerin bir CBS ortamında belirlenmesi hızlı, kolay ve güvenilirdir.

3.1.1. Arazi Kullanım Şekli

Havzadaki su akışı, toprak erozyonu, sel ve taşkınların kontrolünü sağlamak için havzadaki arazi kullanım düzenini belirlemek ve araziyi arazi kullanım kapasitesi kategorisine göre kullanmak gerekir. Topografik harita, amenajman planı ve arazi gözlem verilerine dayanarak, CBS ortamında çalışma alanındaki arazi kullanım şekli belirlenmiştir.

3.1.2. Havza Alanı

Çevirme Mikrohavzası alanı 5809,386 hektar olup yağış havzasının alanı CBS yardımıyla belirlenmiştir. Havzanın sınırları havzayı sınırlayan su ayırım çizgisi baz alınarak harita üzerinde çizilerek oluşturulmuştur. Bunun akabinde CBS ortamında yapılan sayısallaştırma işlemleri ile havza alanı bulunmuştur.

Havzanın büyüklüğü hidrolojik ilişkiler, sosyo-ekonomik özellikler, yönetim ve arazi sınıflandırmasında önemli bir rol almaktadır. Havza planlaması yapılırken havza büyüklüğü araştırma sonuçlarını etkileyecektir, ancak alan azaldıkça daha doğru sonuçlar ortaya çıkacaktır.

3.1.3. Havza Şekli

Havzanın boyutu arttıkça, havzanın şekli farklı olacaktır. Havzanın şekli birçok faktör üzerinde önemli etkilere sahiptir. Bu faktörlerden bazıları akış sularının havzadan ayrılma zamanı, drenaj sistemi ve hidrolojik kalitedir. İnce uzun havzalarda suların havzadan boşalması dar ve geniş havzalara göre daha geç olur. Aynı zaman da ince ve uzun havzalarda sel ve taşkın riski daha düşüktür. Havza uzunluğunu L harfi sembol ederken havza genişliği B harfi ile gösterilir. Havza içerisinde bulunan en uzak iki noktanın birleştirilmesi ile havza uzunluğu, havza enindeki en uzak iki noktanın birleştirilmesiyle de havza genişliği saptanmış olur. Bu açıklamalar sonucunda Çalışma sahasına ait havza uzunluğu, havza genişliği ve havza çevresi verileri sırasıyla 1650m, 9930m ve 36000 m olarak bulunmuştur.

3.1.4. Havza Fizyografik Faktörlerinden Form Faktörü

Form faktörü bir su havzası özelliğidir ve havzadaki sedimantasyon suyunun varış zamanını ve hızını etkilemektedir. Form faktörü, havza alanını havza uzunluğunun karesine bölerek bulunur.

Form faktörünün formülize edilmiş hali;

$$F = \frac{B}{L} \rightarrow = \frac{9,93}{16,51} = 0,6 \quad (1)$$

Yukarıda verilen formülde F harfi form faktörünü, B harfi havza genişliğini ve L harfi ise havza uzunluğunu temsil etmektedir.

Genellikle form faktörü 1 'den büyüktür. Form faktörü = 1 ise havza uzunluğu ile havza genişliği birbirine eşittir. Form faktörünün 1'den büyük olması durumu havzanın genişliğinin havzanın uzunluğundan daha büyük olması ile açıklanabilir. Form faktörünün <1 sel ve taşkın tehlikesini minimize ederken, form faktörü > 1'den olduğu zaman ise sel ve taşkın tehlikesini arttırmaktadır (Aydın, 2009).

3.1.5. Havza Fizyografik Faktörlerinden Şekil Faktörü

Bir havzaya ait uzunluğun karesinin havzaya ait alana bölünmesi ile elde edilir (Özhan, 2004).

$$\mathcal{S} = \frac{L^2}{A} = \frac{16,510^2}{58,09} = 4,7 \quad (2)$$

\mathcal{S} = Şekil Faktörü

A= Alan (km²)

L= Havza uzunluğu (km)

Havzanın şekil faktörü 4,7 olarak bulunmuştur. Şekil faktörünü doğrudan etkileyen faktörlerden biride havza alanıdır. Havza alanının artması sonucunda şekil faktöründe küçülme görülür. Havza uzunluğunun artması ile de şekil faktöründe artış meydana gelmektedir.

3.1.6. Havza Fizyografik Faktörlerinden Dairesellik Oranı

Havzanın şeklinin saptanmasında dairesellik oranından faydalanılmaktadır. Dairesellik oranı bulmak için bir havza alanının (Ah), aynı havzaya ait çevre uzunluğuyla eş değer bir dairenin alanına bölünmesi işlemi ile bulunur.

$$R_c = \frac{4\pi A}{P^2} = \frac{4 \times 3,14 \times 58,09}{(36,000)^2} = 0,56 \quad (3)$$

R_c = Dairesellik Oranı

A = Alan (km^2)

P = Havza Çevresi

Hızal'ın (1984), araştırmasına göre, homojen jeolojik yapıya sahip küçük havzaların dairesellik oranı 0,6 ile 0,7 arasında farklılık göstermekte aynı zamanda havza şekilleri ile de benzerlikler bulunmaktadır. Bunun aksine heterojen arazi yapılarının bulunduğu havzalarda, 0,4-0,5 değerleri arasında farklılık gösteren oran uzun bir havza şeklini simgelemektedir.

3.1.7. Uzunlaşma Oranı

Bu parametre, alanı havza alanına eşit olan bir dairenin yarıçapının havzanın maksimum uzunluğuna bölünmesiyle elde edilen havza şeklinin dar veya geniş formunu temsil eder. Uzunlaşma oranı 0,6-0,8 değerleri arasında ise havzanın arazi yapısı çoğunlukla dik ve sarp bir yapıya sahiptir. Ancak uzunlaşma oranı 1 yakın bir değere sahip ise arazi yapısı alçaktır (Balcı ve Özyuvacı, 1988).

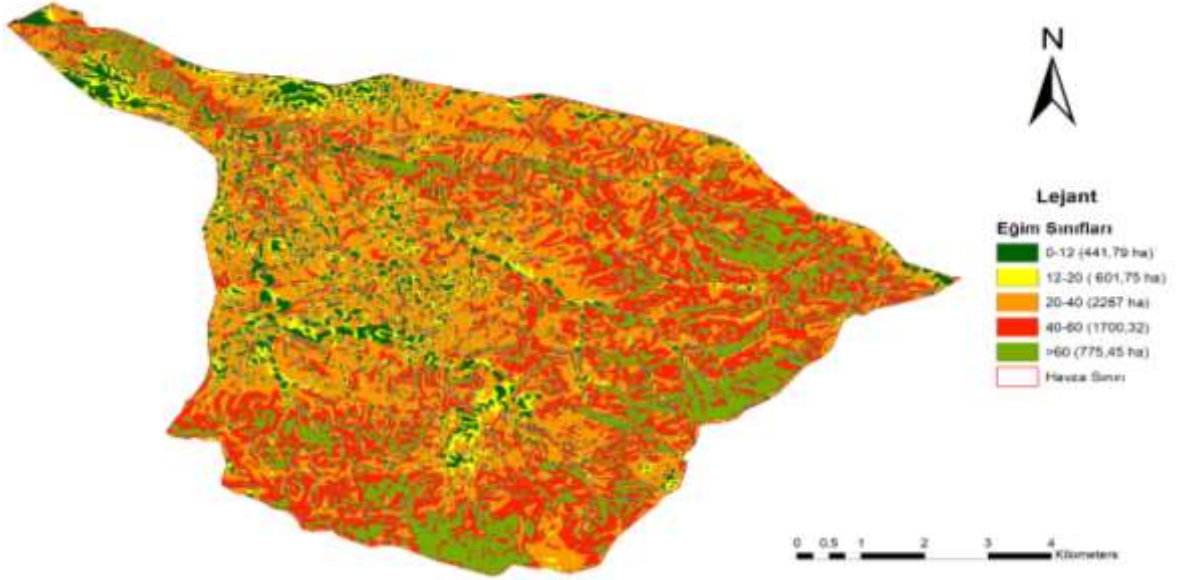
$$E = \frac{2\sqrt{A/\pi}}{L} \rightarrow E = \frac{2\sqrt{58,09/3,14}}{16,51} = 0,26 \quad (4)$$

Yukarıda verilen formülde E harfi Uzunlaşma oranını temsil etmektedir. A harfi havzanın alanını belirtirken L harfi ise havza uzunluğunu temsil etmektedir.

3.1.8. Çalışması Sahası Ortalama Eğim Özelliği

Ortalama eğim parametresi hidroloji ve su erozyonu bakımından büyük önem arz etmektedir. Bu aynı zamanda yüzey su akışının oluşumunu, su akışının hidrolojik formunu ve pik akım oluşumunu etkileyen önemli bir faktördür (Aydın, 2009). Arazinin eğimi, arazi yüzeyi şeklinin pürüzlülüğünü gösterir. Eğim, erozyon, toprak derinliği, yüzey akışı ve

güncel arazi kullanımı vb. konularda çoğu parametre üzerinde etkiye sahip olduğu için üzerinde durulmuştur (Çepel, 1995).



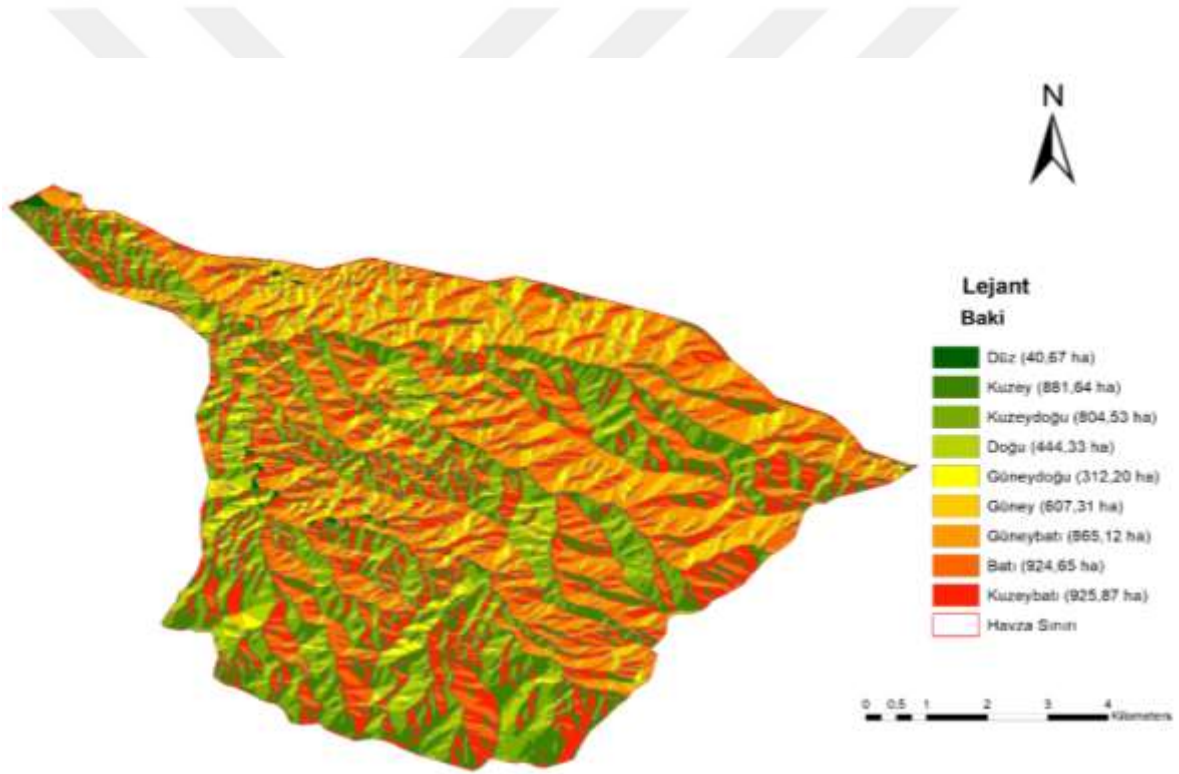
Şekil 11. Çalışma alanı eğim haritası

Şekil 11’de gösterilen eğim haritasının eğim gruplarının alansal dağılımı verilmiştir. Mikrohavzanın genellikle engebeli bir arazi yapısına sahip olduğu görülebilir. Mikrohavza eğiminin% 40’ını oluşturan alan% 36,65 olarak hesaplanmıştır. Dikkatli ve kontrollü tarımsal faaliyetler gerektiren alanların (% 0-20 arasında eğimler) tüm küçük havzaların% 33.52’sini oluşturduğu görülmektedir.

Şekilde gösterildiği gibi, çalışma alanındaki eğim grubunun alan aralığı ve yüzde oranı aşağıda gösterilmektedir. Şekilde verilen değerlere göre eğim sınıflarında bulunan alanların eğim gruplarına dağılımı şu şekildedir; 0-12 eğim grubunda 441,79 ha alan bulunur buda yüzde olarak tüm alanın %7,6’sına tekabül eder, 12-20 eğim grubunda 601,75 ha alan vardır tüm alanın %10,4’ü bu eğim grubunda yer alır, 20-40 eğim grubunda 2287 ha alan bulunmakta tüm alanın %39,4’ü bu grupta yer almaktadır, 40-60 eğim grubunda 1700,32 ha alan mevcuttur yüzdesel oran olarak tüm alanın %29,3 ü bu eğim grubundadır, 60 ve üzeri eğim grubunda ise 775,45 ha alan ve tüm alanın %13,3 bulunmaktadır.

3.1.9. Çalışa Alanı Bakı Durumu

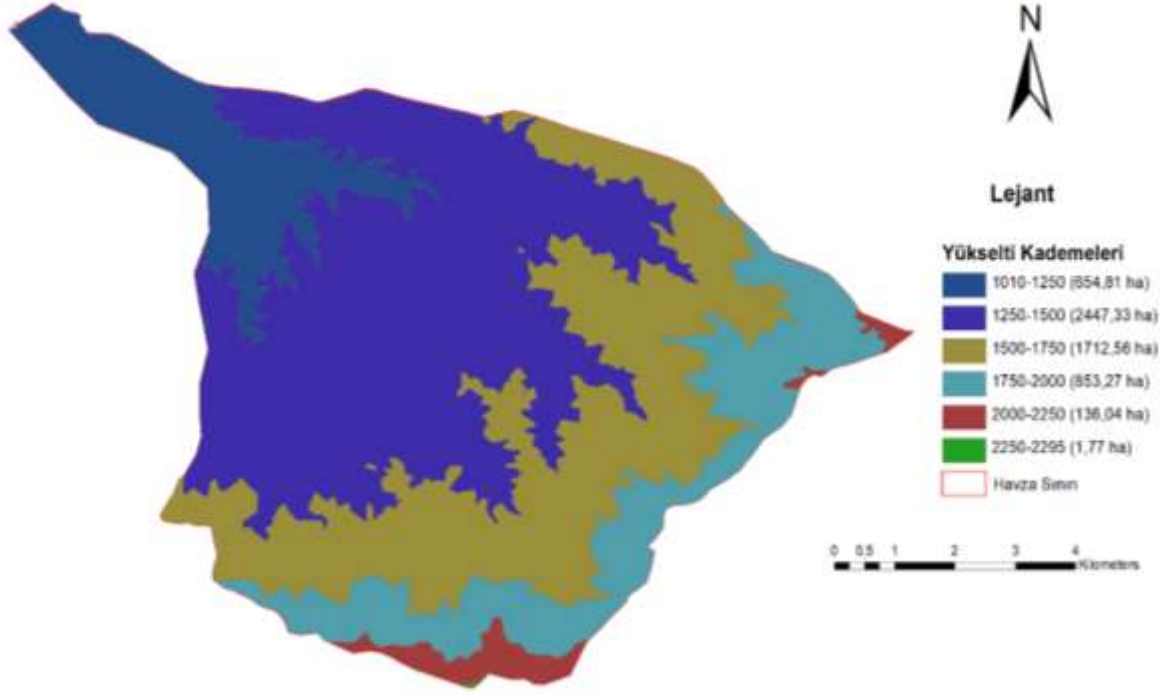
Şekil 12’de bakı haritasının yönlerinin içeren gösterimlerin alansal dağılımı verilmiştir. Bakı haritasına bakıldığında havzanın Kuzey-Güney yönünde geliştiği ve bakıların tamamının dengeli bir şekilde dağıldığı görülmektedir. Çalışma alanı düz bakılı alanında toplam 40,67 (%0,7) ha, kuzey bakılı alanında 881,64 (%15,2) ha, kuzeydoğu bakılı alanında 804,53 (%13,9) ha, doğu bakılı alanında 444,33(%7,7) ha, güneydoğu bakılı alanında 312,20 (%5,4) ha, güney bakılı alanında 607,31 (%10,5) ha, güneybatı bakılı alanında 865,12 (%14,9) ha, batı bakılı alanında 924,65 (%15,9) ha ve kuzeybatı bakılı alanında 925,87 (%15,95) ha alan bulunmaktadır.



Şekil 12. Çevirme mikrohavzası bakı haritası

3.1.10. Ortalama Yükseklik

Bir havzanın maksimum yükseltisini temsil eden nokta havza sınırının en yüksek noktasıdır. Havzanın minimum noktasını temsil eden nokta ise havza çıkışında bulunan noktadır.

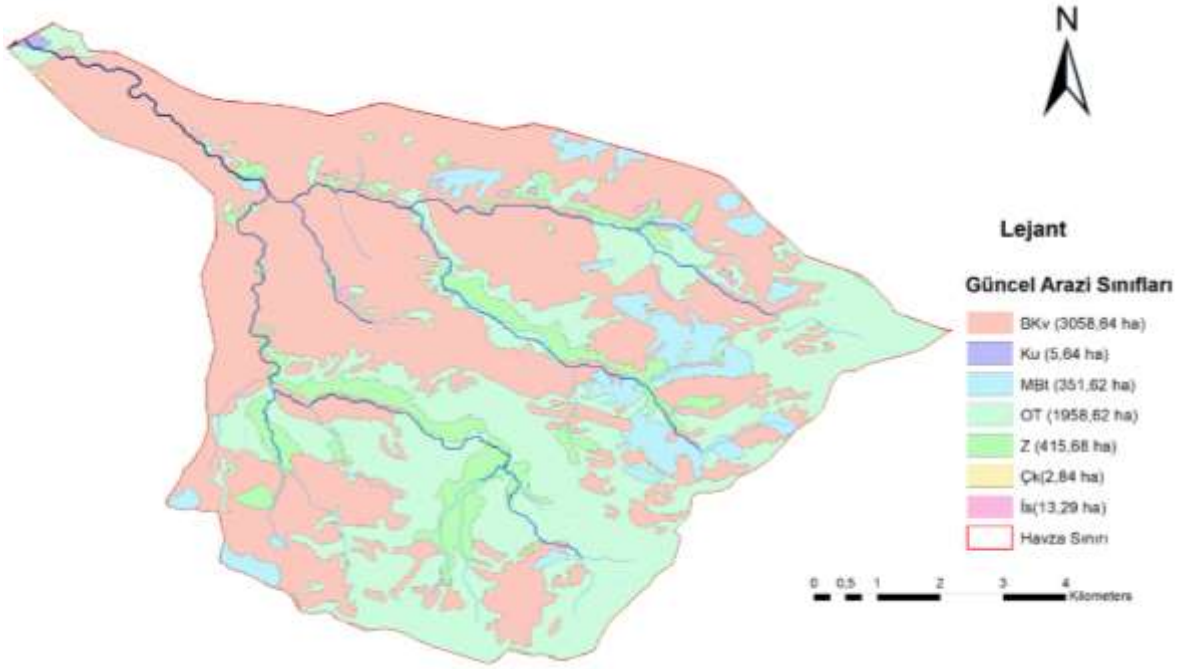


Şekil 13. Çevirme mikrohavzası yükseklik haritası

Şekil 13'de yükseklik haritasının sınıflarını içeren alansal dağılımı verilmiştir. Çevirme Mikrohavzasının 1010-1250 m yüksekliğe sahip 654,81 (%11,3) ha alanı, 1250-1500 m yüksekliğe sahip 2447,33 (%42,2) ha alanı, 1500-1750 m yüksekliğe sahip 1712,56 (%29,5) ha alanı, 1750-2000 m yüksekliğe sahip 853,27 (%14,7) ha alanı, 2000-2250 m yüksekliğe sahip 136,04 (%2,3) ha alanı, 2250-2295 m yüksekliğe sahip 1,77 (%0,03) ha alanı bulunmaktadır.

3.1.11. Çalışma Alanı Güncel Arazi Kullanım Durumu

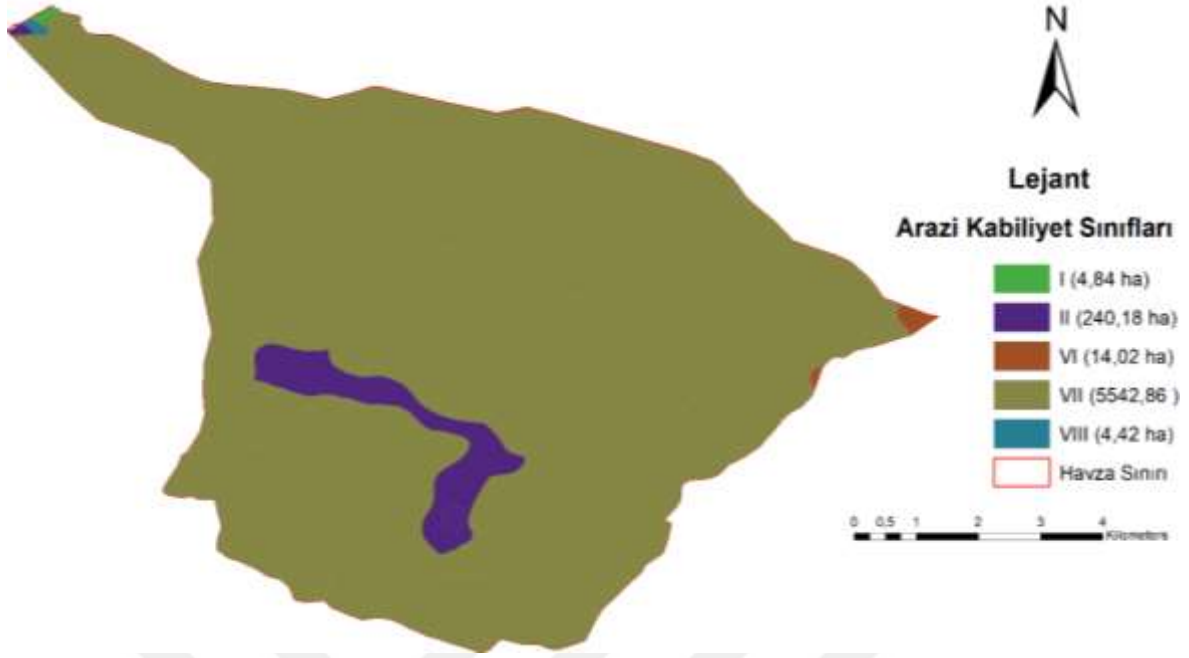
Çalışma alanı güncel arazi kullanım haritası Şekil 14'de alansal dağılımları gösterilmektedir. Çevirme Mikrohavzası Ziraat (Z) alanı 415,68 (%7,2) ha, Orman Toprağı (OT) alanı 1958,62 (%33,7) ha, Bozuk Kavak (Bkv) alanı 3058,64 (%52,7) ha, Meşe Baltalık (Mbt) 351,62 (%6,1) ha, İskân (İs) alanı 13,29 (%0,2) ha, Karaçam (Çk) alanı 2,84 (%0,05) ha ve Kum (Ku) alanı 5,64 (%0,1) ha olarak belirlenmiştir.



Şekil 14. Çevirme mikrohavzası güncel arazi kullanım haritası

3.1.12. Çalışma Alanı Arazi Kullanım Kabiliyet Durum

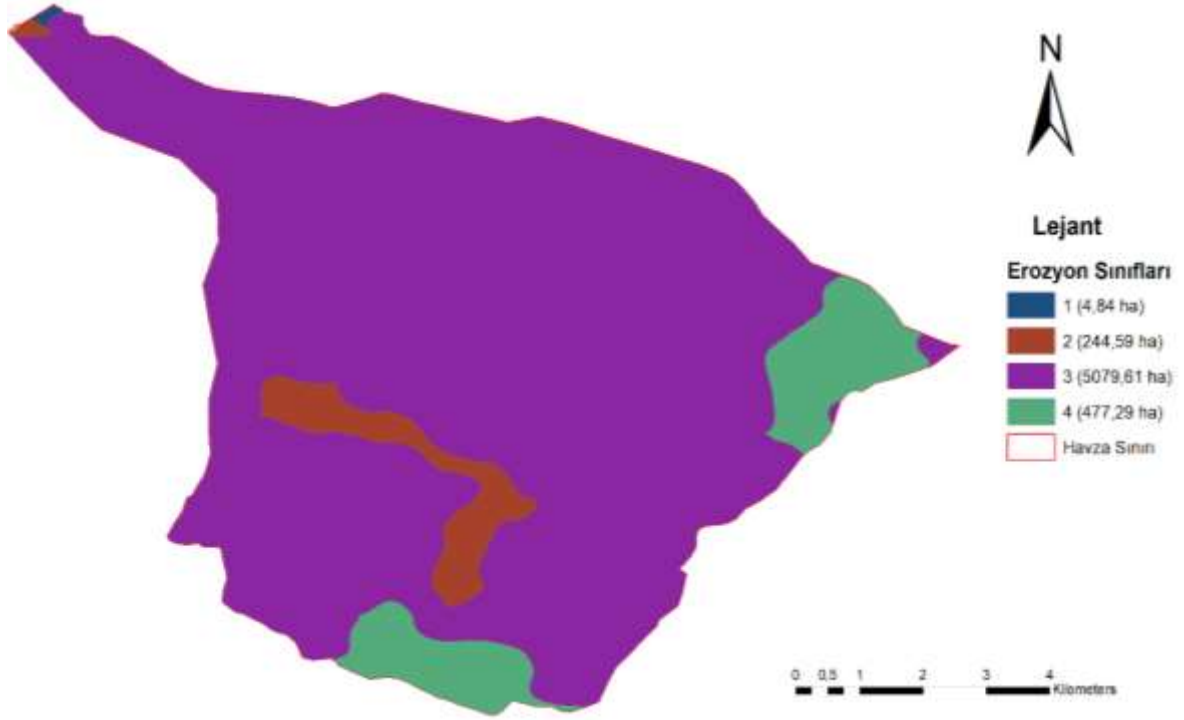
Şekil 15’de çalışma alanının Arazi Kullanım Kabiliyet Haritasına göre alansal dağılım verilmiştir. Çalışma alanında elde edilen bilgilere göre I. sınıfta 4,84 (% 0,08) ha, II. sınıfta 240,18 (% 4,1) ha, VI. sınıfta 14,02 (% 0,25) ha, VII. sınıfta 5542,86 (% 95,5) ha, VIII. sınıfta 4,42 (% 0,07) ha alan bulunmaktadır. Çalışma alanının %95,5 gibi çok yüksek oranda bulunan alanı VII. sınıfta bulunmaktadır. VII. sınıf arazi yüksek meyilli, aşırı erozyona uğramış elverişsiz toprakları ihtiva eder. Bu alanda bulunan bitki örtüsünün korunması ve geliştirilmesi şarttır. Aksi takdirde erozyon çok şiddetlenir.



Şekil 15. Çevirme mikrohavzası arazi kullanım kabiliyet haritası

3.1.13. Çalışma Alanı Erozyon Durumu

Şekil 16'da çalışma alanının Erozyon Sınıfları Haritasına göre alansal dağılım verilmiştir. Çalışma alanında 1.erozyon sınıfında 4,84 (% 0,08) ha, 2.erozyon sınıfında 244,59 (% 4,12) ha, 3.erozyon sınıfında 5079,61 (% 87,5) ha ve 4.erozyon sınıfında 477,29 (% 8,2) ha alan bulunmaktadır. Çalışma alanının %87,5'i 3. erozyon sınıfında bulunmaktadır. Bu da çalışma alanın şiddetli erozyona maruz kaldığını göstermektedir.



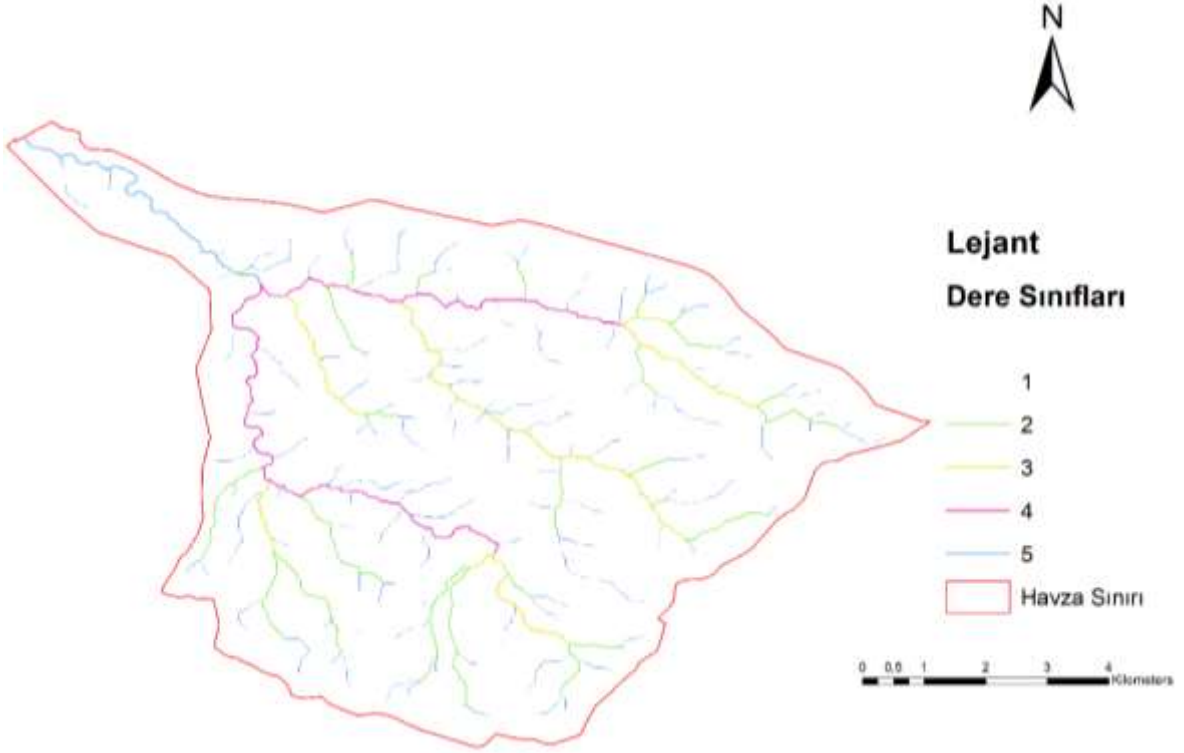
Şekil 16. Çevirme mikrohavzası erozyon sınıfları haritası

3.1.14. Çalışma Alanı Drenaj Durumu

Havzada bulunan drenaj kanallarını meydana getiren ana mecra ve ana mecraya bağlı yan kolların havzaya düşen yağışları boşaltabilme özelliği ve kapasitesine havzanın drenaj durumu veya havzanın drenaj kapasitesi denir (Hızal, 1984).

Havza drenaj durumunu etkileyen en önemli etkenlerden biri derelerin toplam sayısıdır. Havzadaki toplam dere sayısının bulunabilmesi için sıra numarası verilmesi gerekmektedir. Sıra numarası verilirken 1 numara yan kolu olmayan dereye verilir.

Bu yolla bulunan derelerin uzunlukları Coğrafi Bilgi Sistemleri yardımıyla bulunur. Aynı zamanda dere sayısı belirlenirken devamlı ve periyodik dereler dikkate alınır.



Şekil 17. Çevirme mikrohavzası dere sınıfları haritası

Havzanın drenajını sağlayan dereler Şekil 17’de gösterilmiştir. Havzada toplam 146 dere mevcuttur. Dere sayılarının sınıflara göre ayrımı Tablo 5’te verilmiştir.

Tablo 5. Çalışma alanına ait dere sınıfları

Dere Sınıfları	Dere Sayısı
1 nolu dere sınıfı	110
2 nolu dere sınıfı	26
3 nolu dere sınıfı	7
4 nolu dere sınıfı	2
5 nolu dere sınıfı	1
Toplam	146

3.1.14.1. Dere Sıklığı

Havzada bulunan toplam dere sayısının havza alanına bölünmesi ile dere sıklığı bulunur.

$$Ds = \frac{Ns}{A} \rightarrow DS = \frac{146}{58,09} = 2,51 \quad (5)$$

Ds = Dere sıklığı

Ns = Toplam dere sayısı

A = Havza alanı (km²)

Elde edilen dere sıklığı sayısı ne kadar yüksek olursa havzanın drenaj durumu da o derecede elverişlidir.

3.2. Toprak Özelliklerinin Fiziksel ve Kimyasal Analiz Sonuçları

3.2.1. Toprak Tekstürü

Birçok çalışma, anakayanın, toprak kalitesinde toprağın katı fazını oluşturan kum, kil ve toz malzemelerin nispi miktarını ve nispi oranını temsil eden toprak dokusunda önemli bir rol oynadığını kanıtlamıştır (Çepel ve Karaveli, 1990; Dixon ve Weed, 1989; Efe, 1999).

Doku, hacim ağırlığı, gözenek boyutu dağılımı, toplam gözeneklilik, sertlik (geçirgenlik) dağılımı, su tutma oranı ve hidrolik iletkenlik gibi toprağın statik ve dinamik özelliklerinin çoğunu etkileyen toprağın gerçek özellikleridir (Erşahin, 2001).

Kumlu toprak ağırlıkça %70 veya daha fazla kum içeren toprak anlamına gelir. Kil toprakları ağırlık bakımından çoğunlukla bünyesinde %30 ile %40 arasında kil içeren topraklara denir (Özhan, 2004).

Balçıklı topraklar bitki gelişimi için elverişlidir. Balçıklı toprakların besin ve hava barındırması yanında su tutma kapasitesi de oldukça fazladır. Kumlu balçık ve killi balçık arasındaki kimyasal ve fizyolojik özellikler sayesinde, kalitatif toprağın ortalama değeri bitki gelişimi perspektifinden açıklanabilir (Çepel, 1996).

Çevirme Mikrohavzasında bulunan mevcut topraklarının %93,3'ünü balçıklı topraklar oluşturmaktadır. Bu veri ışığında Çevirme Mikrohavzasına ait toprak yapısının su ve hava infiltrasyon'un makul seviyede olduğu, drenaj probleminin bulunmadığı belirlenmiştir.

Tablo 6. Toprak analiz sonuçları

		Saturasyon	Kireç değerleri	pH değerleri	EC	Organik Madde
p1	0-30	41	1,4	7,03	207,7	3,06
p1	30-60	37	1,6	6,42	212,5	2,12
p1	60-90	34	3,8	6,52	192,8	1,8
p2	0-30	33	2,8	7,03	211,3	3,4
p2	30-60	33	2	7,11	76,6	3,21
p2	60-90	37	3,2	6,62	132,1	2,14
p3	0-30	42	0,6	6,71	166,2	2,18
p3	30-60	42	3,1	6,41	252,8	1,9
p3	60-90	40	2	6,22	131,6	1,65
p4	0-30	38	0,8	6,45	232,6	3,21
p4	30-60	38	0,4	6,4	231,7	2,8
p4	60-90	54	10	7,49	727	2,36
p5	0-30	42	3,8	6,67	138,8	2,89
p5	30-60	39	3	6,36	161,4	2,41
p5	60-90	38	1	5,78	140,9	1,96
p6	0-30	38	1,6	7,04	131,6	3,4
p6	30-60	37	2,6	6,3	144,7	2,87
p6	60-90	58	5,4	7,93	704	2,11
p7	0-30	36	3,2	6,55	169,1	3,24
p7	30-60	36	2,8	6,36	188,9	3,01
p8	0-30	33	2,2	6,72	219,2	2,45
p8	30-60	32	0,8	6,73	126,7	2,19
p9	0-30	43	2,6	6,73	205,3	3,21
p9	30-60	38	2,6	6,6	144	2,74
p9	60-90	40	2,2	6,33	90,1	1,99
p10	0-30	38	2	6,71	135,2	2,94
p10	30-60	39	1,6	6,76	117,8	2,36
p11	0-30	39	1	6,75	83,7	2,78
p11	30-60	43	3,4	7,03	78,6	2,14
p12	0-30	39	2	7,28	245,9	3,12

3.2.2. pH

Toprak reaksiyonu pH denilen bir birimle ifade edilir. pH, toprakların içerdiği aktif hidrojen iyonları konsantrasyonunu ifade eder. pH, topraktaki besin maddelerinin yararıya, mikroorganizma faaliyetlerine etki eder. pH ifadesi ile kullanılan toprak reaksiyonu Latince de *potentiahydrogeni* Türkçe 'de ise hidrojen gücünün kısaltılması olarak kabul görür (Kantarıcı, 2000). Toprak reaksiyonu toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin ve biyolojik özelliklerinin belirlenmesinde önemli bir rol oynar. Toprak, su ve hava koşullarında, nitrifikasyonda, bitki besin maddelerinin emilmesinde ve alüminyum iyonlarının oluşumunda (yani, tüm bu aktivitelerin gerçekleşmesini sağlayan mikrobiyal aktivite) gereklidir. Bu nedenle, bitkilerin büyümesini doğrudan veya dolaylı olarak etkiler (Çepel, 1996).

Tablo 7. pH Değerlerinin Sınıflandırılması

pH Değerleri	pH türü
4,5 'ten küçük	Kuvvetli
4,6-5,5	Orta
5,6-6,5	Hafif
6,6-7,5	Nötr
7,6-8,5	Hafif Alkali
8,5 ten büyük	Kuvvetli Alkali

Çevirme Mikrohavzasından elde edilen toprak örneklerinin pH değerleri Yurtsever ve Ülgen (1995) tarafından oluşturulan tablo göz önünde tutularak detaylandırılmıştır. Elde edilen laboratuvar verilerine göre derinlik kademelerinin pH değerleri üzerinde bir etkisinin olmadığı belirlendi. Çalışma alanının 5,78 pH ile 7,93 pH bazında değiştiği saptanmıştır. Yurtsever ve Ülgen' in pH sınıflandırma çizelgesi temel alındığında Çevirme Mikrohavzasında bulunan toprakların %35'i hafif asidik, %59'u nötr ve %6'sının da hafif alkali topraklardan meydana geldiği bulunmuştur. Bulunan veriler değerlendirildiğinde çalışma alanının tarım faaliyetlerine uygun olduğu belirlenmiştir.

3.2.3. Çevirme Mikrohavzasının Elektriksel İletkenlik (%)

Çalışma sahasına ait EC sınır 0,071 ila 0,8 milimhos/cm ortasında değişkenlik göstermektedir. Çalışma sahasına ait toprağın tuzluluk oranı %0.003 ila %0.03 arasında değiştii bulunmuştur. Elde edilen analiz sonuçlarına uygulanan işlemler akabinde bulunan tuz değerlerine baktığımızda, çalışma alanının %96,6'sının tuzsuz kategorisinde olduğu belirlenmiştir. Örneklenen toprak profillerinde derinliğine bağlı olarak tuz içeriğinde herhangi bir değişim saptanmamıştır.

3.2.4. Organik Madde (%)

Çevirme Mikrohavzasından alınan toprak örneklerinde belirlenen organik madde içeriği yukarıda verilen Tablo 8'de ki mevcut değerler yardımıyla açıklanmıştır. Araştırma alanındaki toprakta bulunan organik madde oranı %1,65 ile %3,40 aralığında değişmektedir. Çalışma bölgesindeki toprakların organik madde bakımından zengin olduğu belirlenmiştir. Örneklerinin alındığı çukurlarda genellikle ana kayaya yaklaştıkça organik madde miktarında azalma gözlemlenmiştir.

Tablo 8. Organik madde gruplandırılması

Organik madde değeri	Organik madde miktarı
0-1	Çok Az
1-2	Az
2-3	Orta
3-4	İyi
4>	Yüksek

3.2.5. Kireç (CaCO₃)

Çevirme Mikrohavzasına yağan ortalama senelik yağış miktarı ülke diğer böğlerine bakıldığı zaman çoğu bölgeden daha çok yağış alığı görölmektedir. Aşırı yıkanma nedeniyle toprak daha az kalsiyum yapısını barındırır. Laboratuvar analizleri dikkate alındığında, araştırma alanındaki toprağın kireç değeri %0,4 ile %10 arasındadır. Tablo 9'a

ait kalsiyum karbonat sınır değerleri baz alınarak mevcut sahanın toprakların %78,1' i az kireçli sınıfında, %12,3' ü çok az kireçli sınıfında ve %9,6' sının orta kireçli sınıfını içerisinde olduğu bulunmuştur. Faaliyet sahasında kireç ile ilgili bir probleminin bulunmadığı söylene bilinir.

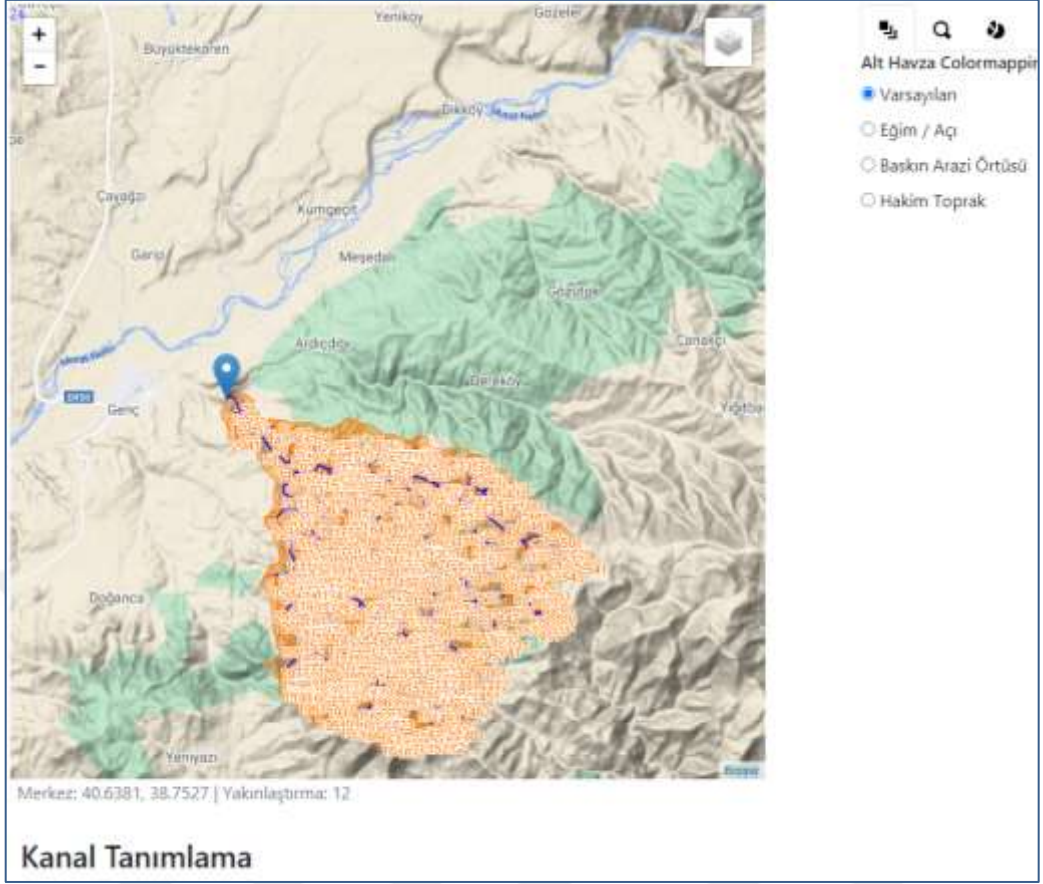
Tablo 9. Kalsiyum karbonatın kireç değerlerine göre sınıflandırılması

CaCO ₃	
CaCO ₃ Değer Aralıkları	Kireç Miktarı
0-1	Çok Az Kireçli (ÇAK)
1-5	Az Kireçli(AK)
5-15	Orta Kireçli(OK)
15-25	Fazla Kireçli(FK)
25 >	Çok Fazla Kireçli(ÇFK)

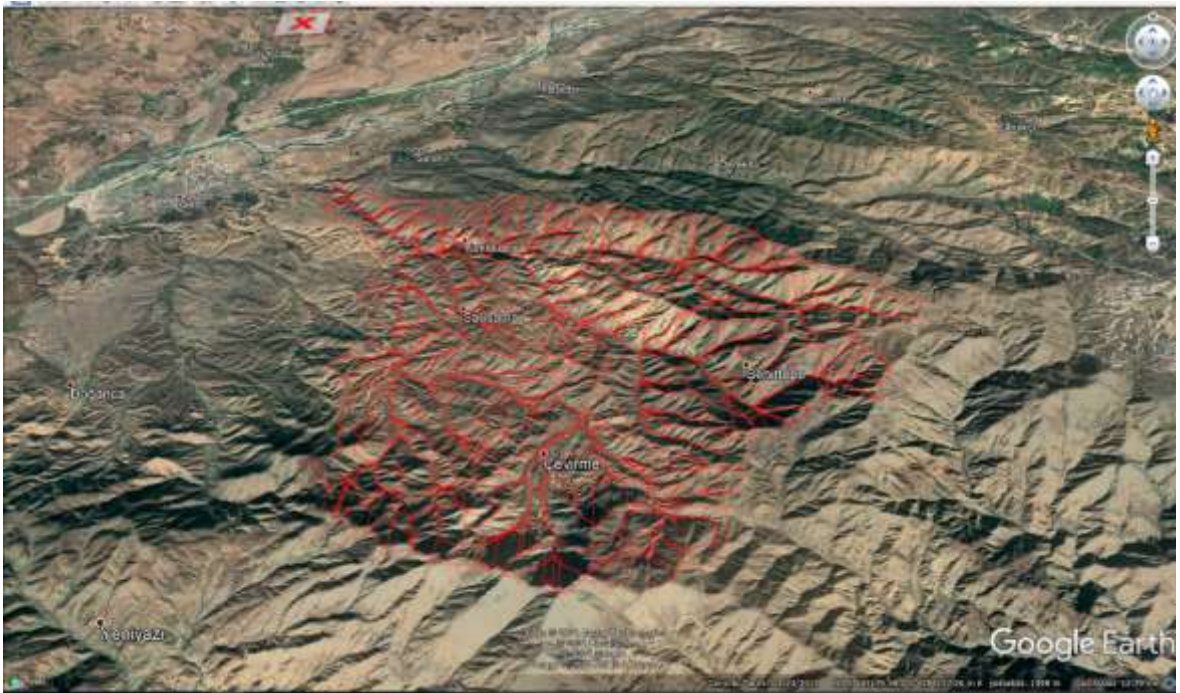
3.3. WEEPcloud ile Toprak Kayıp Miktarının Belirlenmesi

Su Erozyonu Tahmin Projesi (WEPP) modeli, arazi yönetimi farklılıklarının yüzeysel akışa ve sediment verimi üzerindeki sonuçlarını değerlendirmek için akademisyenler ve arazi yöneticileri tarafından yaygınca kullanılan bir hidroloji ve erozyon modelidir.

WEEPcloud, İnternet'e bağlı mevcut bilgisayardan oturum açma verilerini ve hidrolojik simülasyonları oluşturmaya yardımcı olan çevrimiçi ara yüzüdür. Kullanıcı çalışma sahasını belirleyip bir havzayı tanımlayabilir. Bunun akabinde ulusal ya da yerel olarak program içinde depolanan veri tabanında toprak, yönetim ve iklim bilgilerini seçerek çalışma sahasının yüzeysel akış ve toprak erozyonu tahminlerini elde edebilmektedir. Elde edilen metin dosyaları ve Geo-uzamsal haritalar görüntülenebilmektedir ve aynı zamanda indirilebilir. Oluşturulacak simülasyon mevcut havzanın büyüklüğüne bağlı olarak farklı süreler içerisinde oluşturulur.



Şekil 18. Çalışma alanının WEEPcloud alan sınırlarını



Şekil 19. Çalışma alanının google earth görüntüsü

Şekil 20. Çalışma alanı WEEPcloud kanal tanımlama

Çalışma alanına ait havza sınırlarının belirlenmesinden sonra Şekil 20’de gösterilen kanal tanımlama aşamasına geçilmektedir. Bu aşamada minimum kanal uzunluğu ile kritik kaynak alanı (ha) rakamları girilerek çalışma sahasının kanal özellikleri oluşturulur. Çalışma sahasının koordinat aralıkları, merkezi enlem ve boylamı, UTM bölgesi elde edilir.

Şekil 21. Çalışma Alanı WEEPcloud Alt Havzaların Tanımlanması

Çalışma alanında kanal tanımlama işleminin ardından elde edilen veriler ile WEEPcloud programında alt havzalar oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçlara bakılacak olduğunda çalışma sahasında 463 adet yamaç sayısı, 200 adet ise kanal sayısı elde edilmiştir.

Arazi No	Arazi Adı (Nispetin Durumu)	Kapasite
1	Buğday Ormanı (Yeni) / Dıştabedensiz Yönetim / Yıllık 3 y. old. forest.mst	33.3
2	Yeni Orman (Yeni) / Dıştabedensiz Yönetim / Yıllık 20 y. old. forest.mst	37.4
4	Kumul (Genel) / grass.mst	4.4
7	Ziraat (Orman) / Eski WEEP Yönetim / Ağaç 30 y. old. orman.mst	4.3
4000	Yeni Yok (Genel) / grass.mst	2.7

Şekil 22. WEEPcloud arazi kullanım şekilleri

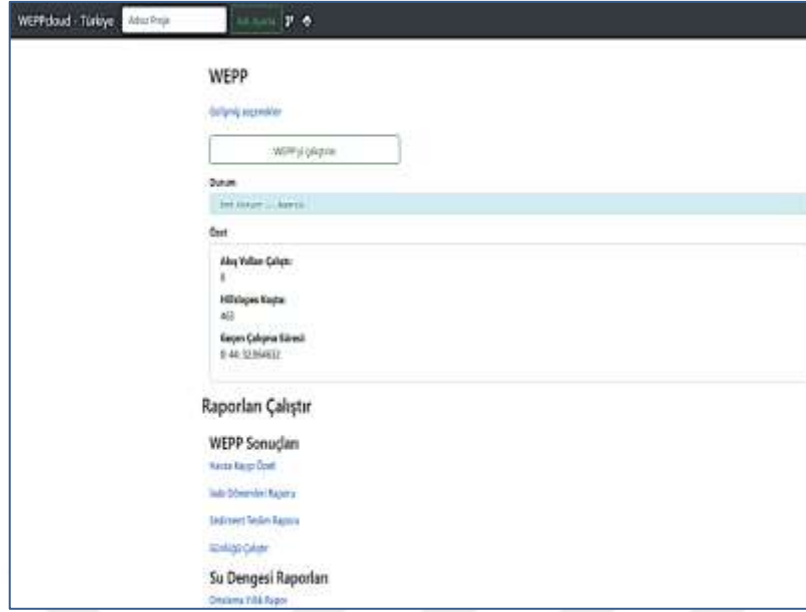
WEEPcloud 'un bu aşamasında WEEP programında hazırlanan bozuk orman, verimli orman, kumul ve ziraat dosyalarının sisteme aktarılması sonucunda sahanın arazi kullanım verileri elde edilmiştir.

Maliyet	Açıklama	Raporlar
1000	Topraklar / Çevre_Merkez	-10
1	Topraklar / Çevre_Ferizol	-10
3	Topraklar / Çevre_Sıcak_Merkez	-10
4	Topraklar / Çevre_Sıcak_Merkez	-10
2	Topraklar / Çevre_Merkez	-10

Şekil 23. WEPPcloud Toprak Verileri

Şekil 24. WEPPcloud İklim Verilerinin Programa Aktarılması

Bu aşamada WEPP programı yardımıyla elde edilen çalışma alanının merkez iline ait iklim verilerinin WEPPcloud programına eklenir.



Şekil 25. WEPP Sonuç Dosyaları

Programımızın son aşaması olan bu seçenek ile sahamıza ait toprak kayıpları verileri elde edilir.

3.3.1. WEPPcloud İade Süresi Analizleri

Olayların dönüş süresi, Weibull formülü yıllık maksimum seriler üzerinde uygulanarak tahmin edilir:

$$T = (N + 1) / m \quad (10)$$

Burada T dönüş periyodu, N simülasyon yıllarının sayısı ve m ise yıllık maksimum olayların sıralamasıdır.

Tablo 10. Çalışma sahası yağış derinliği

Tekrarlama Aralığı (yıl)	Yıl	Ay	Gün	Yağış(mm)
2	67	10	24	78
5	1	10	19	96
10	67	1	14	120
20	3	10	25	120
25	22	10	7	130
50	83	10	8	170

Tablo 11. Çalışma sahası yüzey akışı

Tekrarlama Aralığı (yıl)	Yıl	Ay	Gün	Yağış(mm)
2	67	3	7	51
5	76	3	8	66
10	52	5	27	92
20	63	3	5	110
25	21	4	1	110
50	22	10	7	130

Tablo 12. Çalışma sahası tepe deşarjı

Tekrarlama Aralığı (yıl)	Yıl	Ay	Gün	Yağış(m ³ /s)
2	77	12	7	160
5	70	4	5	270
10	21	4	2	350
20	52	4	6	420
25	17	11	25	450
50	52	5	27	710

Tablo 13. Çalışma sahası 10 dakikalık tepe yağış yoğunluğu

Tekrarlama Aralığı (yıl)	Yıl	Ay	Gün	10 dakikalık Tepe Yağış Yoğunluğu(mm / saat)
2	67	10	24	130
5	81	1	28	130
10	22	12	11	140
20	22	12	10	140
25	3	10	25	140
50	22	10	7	140

Tablo 14. Çalışma sahası 30 dakikalık tepe yağış yoğunluğu

Tekrarlama Aralığı (yıl)	Yıl	Ay	Gün	10 dakikalık Tepe Yağış Yoğunluğu(mm / saat)
2	93	4	23	91
5	74	10	11	100
10	83	10	31	110
20	3	10	25	120
25	69	10	29	120
50	83	10	8	120

Tablo 15. Çalışma sahası sediment verimi

Tekrarlama Aralığı (yıl)	Yıl	Ay	Gün	Sediment Verimi(Kg)
2	5	3	13	23.000.000
5	39	1	17	40.000.000
10	14	3	7	64.000.000
20	22	12	12	96.000.000
25	22	12	10	98.000.000
50	21	4	1	110.000.000

3.3.2. WEEPcloud Sediment Dağıtımı

Tablo 16. Çalışma sahası sediment dağıtımı

Sınıf	Çap(mm)	Spesifik Yer Çekimi	%Kum	%Silt	%Kil	%OM
1	0.002	2.600	0.0	0.0	100.0	42.9
2	0.010	2.650	0.0	100.0	0.0	0.0
3	0.030	1.800	0.0	78.9	21.1	9.0
4	0.300	1.600	79.7	10.4	9.9	4.2
5	0.200	2.650	100.0	0.0	0.0	0.0
Çıkıştan Ortalama Yıllık Sediment Deşarjı 52000 ton/yıl						

Tablo 17. Çalışma sahasının sediment sınıfına göre dağılımı

Sınıf	Kesir
1	0.030
2	0.156
3	0.209
4	0.304
5	0.301

Tablo 18. Çalışma sahasının organik maddenin dağılımı

Tür	Kesir
Kil	0.105
Alüvyon	0.352
Kum	0.543
Organik madde	0.045
Hillslopes'tan Ortalama Yıllık Sediment Dağıtımı 57000 ton/yıl	

Tablo 10. Çalışma sahası yağış derinliği

Tekrarlama Aralığı (yıl)	Yıl	Ay	Gün	Yağış(mm)
2	67	10	24	78
5	1	10	19	96
10	67	1	14	120
20	3	10	25	120
25	22	10	7	130
50	83	10	8	170

Tablo 11. Çalışma sahası yüzey akışı

Tekrarlama Aralığı (yıl)	Yıl	Ay	Gün	Yağış(mm)
2	67	3	7	51
5	76	3	8	66
10	52	5	27	92
20	63	3	5	110
25	21	4	1	110
50	22	10	7	130

Tablo 1. Çalışma sahası tepe deşarjı

Tekrarlama Aralığı (yıl)	Yıl	Ay	Gün	Yağış(m ³ /s)
2	77	12	7	160
5	70	4	5	270
10	21	4	2	350
20	52	4	6	420
25	17	11	25	450
50	52	5	27	710

Tablo 20. Çalışma sahasının WEEPcloud 100. yıllar için alt havzaların ortalama yıllık özeti

WEPPID	TopazID	Arazi Kullanımı	Toprak	Uzunluk (m)	Hillslope Bölgesi (ha)	Yüzeş Akışı (mm)	Yanal Akış (mm)	Taban Akışı (mm)	Toprak Kaybı (kg/ha)	Sediment Birikimi (kg/ha)	Sediment Verimi (kg/ha)
1	22	3	3	290	22	190	360	4.4	10000	0	10000
2	23	3	3	240	18	180	370	4.3	9800	0	9800
3	32	3	3	250	25	160	390	4.3	8100	0	8100
4	33	3	3	340	34	230	320	4.4	16000	4900	12000
5	41	3	3	410	15	330	200	4.8	8800	0	8800
6	42	3	3	150	6.2	110	450	4	2300	0	2300
7	43	3	3	67	2.8	59	520	3.3	260	0	260
8	52	3	3	350	21	200	340	4.5	17000	0	1700
9	53	3	3	320	20	220	330	4.5	14000	0	14000
10	61	3	3	400	10	390	130	4.8	2800	0	2800
11	62	3	3	81	5.1	69	500	3.6	740	0	740
12	63	3	3	130	8.5	110	450	3.9	2600	0	2600
13	72	1	1	170	10	99	440	3.9	2000	670	1300
14	73	3	3	570	35	370	150	4.8	10000	2900	7100
15	81	3	3	390	10	230	310	4.6	45000	0	45000
16	82	3	3	83	1.5	23	550	3.1	390	120	270
17	83	1	1	45	0.81	2.5	570	2.3	18	0	18
18	92	3	3	420	16	280	250	4.7	16000	8700	7000
19	93	3	3	23	0.88	14	570	2.8	6.6	0	6.6
20	102	3	3	140	5.2	130	430	4.2	860	0	860
21	103	3	3	250	9.2	230	320	4.4	5300	440	4900
22	112	3	3	95	0.12	5.4	610	2.6	4.5	0	4.5
23	113	3	3	140	1.8	130	440	3.9	1800	0	1800
24	121	3	3	360	10	400	120	4.8	1500	0	1500
25	122	3	3	120	11	180	370	4.4	430	0	430
26	123	3	3	150	14	230	320	4.6	1200	0	1200
27	132	3	3	520	16	340	190	4.8	21000	11000	10000
28	133	3	3	160	4.9	150	420	4	2300	0	2300
29	141	3	3	560	11	370	140	4.8	29000	0	29000
30	142	3	3	420	22	350	180	4.8	11000	0	11000
31	143	3	3	290	15	290	250	4.7	7500	0	7500
32	152	3	3	130	3.6	130	430	4.1	1200	0	1200

Tablo 20'nin devamı

33	153	3	3	230	6.2	210	340	4.4	4100	0	4100
34	162	3	3	190	5.5	160	390	4.4	1500	0	1500
35	163	3	3	130	3.8	94	480	3.5	1700	0	1700
36	171	3	3	590	13	400	120	4.8	9800	0	9800
37	172	3	3	38	2.8	35	540	3.2	16	0	16
38	173	3	3	220	16	250	300	4.6	2800	0	2800
39	182	3	3	73	1.2	84	480	3.8	88	0	88
40	183	3	3	170	2.9	93	480	3.5	2900	0	2900
41	191	3	3	510	11	330	190	4.8	21000	0	21000
42	192	1	1	34	0.38	6.5	550	2.7	17	0	17
43	202	3	3	1400	6.9	420	88	4.9	110000	12000	96000
44	203	3	3	240	1.2	150	410	4	5700	370	5400
45	211	3	3	420	14	330	190	4.8	7500	0	7500
46	212	3	3	130	15	180	370	4.4	1200	0	1200
47	213	3	3	230	27	200	350	4.5	3700	0	3700
48	222	3	3	180	6.8	160	390	4.4	1700	0	1700
49	223	3	3	360	14	210	350	4.2	17000	1100	16000
50	232	2	2	250	7.3	250	310	4.6	2400	0	2400
51	233	3	3	86	2.5	67	510	3.4	300	0	300
52	242	3	3	220	12	180	370	4.4	3600	0	3600
53	243	4	4	130	6.9	110	430	3.9	780	0	780
54	251	3	3	470	17	290	250	4.7	22000	0	22000
55	252	3	3	60	1.6	34	540	3.2	160	0	160
56	253	3	3	140	3.8	90	480	3.8	1900	0	1900
57	262	4	4	160	5.1	89	450	3.9	2500	0	2500
58	263	4	4	40	1.2	9.6	550	2.7	23	0	23
59	271	3	3	470	11	280	250	4.7	31000	0	31000
60	272	3	3	85	0.94	41	530	3.3	450	0	450
61	281	3	3	380	11	260	280	4.7	14000	0	14000
62	282	3	3	100	1.1	75	500	3.7	790	0	790
63	283	4	4	110	1.2	160	380	4.2	580	0	580
64	292	3	3	290	36	190	350	4.5	6800	0	6800
65	293	3	3	300	37	230	320	4.4	7600	3700	4000
66	302	3	3	880	18	360	160	4.8	69000	0	69000

Tablo 20'nin devamı

67	303	3	3	100	2.2	78	500	3.4	560	0	560
68	321	3	3	340	10	300	230	4.7	6900	0	6900
69	322	3	3	4.1	0.31	0.99	610	2	1.7	0	1.7
70	323	3	3	32	2.5	7.3	580	2.6	13	0	13
71	331	3	3	520	12	250	280	4.7	34000	0	34000
72	332	3	3	820	15	330	200	4.8	58000	4900	53000
73	333	3	3	640	12	290	240	4.7	49000	0	49000
74	342	2	2	170	11	110	470	4	2100	0	2100
75	343	3	3	230	15	160	410	4	5400	0	5400
76	351	3	3	310	10	280	260	4.7	4800	0	4800
77	352	3	3	300	27	190	350	4.5	9800	0	9800
78	353	3	3	140	12	110	460	3.9	1900	0	1900
79	362	3	3	160	1.6	110	450	4	1500	0	1500
80	363	3	3	220	2.1	170	390	4.2	3700	0	3700
81	372	3	3	290	21	180	370	4.4	7500	0	7500
82	373	2	2	370	26	240	330	4.4	10000	3400	6700
83	382	3	3	1300	21	390	130	4.8	120000	10000	110000
84	383	2	2	58	0.94	42	560	3.2	22	0	22
85	391	3	3	380	10	230	310	4.6	20000	0	20000
86	392	3	3	120	8.1	73	500	3.7	1300	0	1300

3.3.4. WEEPcloud İklim Verileri

4.30

1 0 0

Station: Bingol, Turkey 9 CLIGEN VERSION 4.3

Latitude Longitude Elevation (m) Obs. Years Beginning year Years simulated

38.88 40.49 1156 45 1 100

Observed monthly ave max temperature (C)

2.1 3.3 9.1 16.2 22.7 29.3 34.5 29.7 21.5 12.4 4.9

Observed monthly ave min temperature (C)

-6.1 -5.4 -0.5 5.6 10.1 14.6 18.9 18.5 13.5 8.1 2.1 -2.9

Observed monthly ave solar radiation (Langleys/day)

184.0 272.0 381.0 537.0 619.0 689.0 701.0 629.0 492.0 347.0 231.0 154.0

Observed monthly ave precipitation (mm)

112.3 114.4 109.9 102.9 64.1 18.0 4.6 3.7 9.2 54.6 92.5 117.1

da	mo	year	prcp (mm)	dur (h)	tp	ip	tmax (C)	tmin (C)	rad (l/d)	w-vl (m/s)	w-dir (Deg)	tdew (C)
1	1	1	20.0	2.42	0.02	1.01	0.7	-6.5	80.	0.0	0.	-3.0
2	1	1	6.7	1.64	0.06	1.01	-2.2	-8.7	139.	4.5	349.	-5.6
3	1	1	42.5	1.59	0.71	1.01	-0.9	-8.5	215.	5.4	141.	-9.0
4	1	1	0.0	0.00	0.00	0.00	7.1	-9.2	173.	0.0	0.	-8.7
5	1	1	0.0	0.00	0.00	0.00	1.8	-2.6	131.	4.0	327.	-0.6
6	1	1	0.0	0.00	0.00	0.00	5.9	1.7	122.	5.0	338.	1.6
7	1	1	0.0	0.00	0.00	0.00	-0.8	-1.3	153.	3.8	71.	-2.8
8	1	1	0.0	0.00	0.00	0.00	5.3	-3.5	220.	5.6	174.	-2.1
9	1	1	87.6	4.98	0.06	1.01	2.2	-2.8	210.	2.0	4.	-0.4
10	1	1	4.3	1.91	0.02	1.01	3.6	-7.4	196.	0.0	0.	-2.1
11	1	1	0.3	3.99	0.23	1.01	3.5	-8.6	235.	0.0	0.	-12.3
12	1	1	0.0	0.00	0.00	0.00	0.2	-8.0	270.	0.0	0.	-4.0
13	1	1	0.0	0.00	0.00	0.00	-1.2	-3.5	177.	0.0	0.	-2.5
14	1	1	0.0	0.00	0.00	0.00	-2.9	-7.1	124.	2.1	252.	-5.0
15	1	1	0.0	0.00	0.00	0.00	-1.8	-6.5	144.	0.0	0.	-9.9
16	1	1	0.0	0.00	0.00	0.00	-0.8	-8.0	150.	2.9	106.	-6.3
17	1	1	0.0	0.00	0.00	0.00	1.7	-4.3	179.	3.1	348.	-5.2
18	1	1	0.0	0.00	0.00	0.00	2.5	-9.4	159.	0.0	0.	-6.2
19	1	1	0.0	0.00	0.00	0.00	4.6	-9.8	137.	2.0	179.	-2.8
20	1	1	0.0	0.00	0.00	0.00	-5.1	-7.4	162.	0.0	0.	-9.8
21	1	1	0.0	0.00	0.00	0.00	5.7	-8.9	124.	3.3	103.	-1.8
22	1	1	0.0	0.00	0.00	0.00	0.7	-3.8	127.	0.0	0.	-1.8
23	1	1	0.0	0.00	0.00	0.00	4.1	-0.6	134.	4.5	181.	-0.4
24	1	1	0.0	0.00	0.00	0.00	0.0	-5.2	216.	1.6	209.	-11.1
25	1	1	0.0	0.00	0.00	0.00	4.7	-7.5	206.	4.0	81.	-1.6
26	1	1	0.0	0.00	0.00	0.00	5.5	-3.4	263.	0.0	0.	0.9
27	1	1	0.0	0.00	0.00	0.00	0.1	-6.6	194.	2.8	220.	-3.4
28	1	1	0.0	0.00	0.00	0.00	5.9	-2.2	174.	5.0	263.	-7.2
29	1	1	1.2	3.68	0.06	7.55	10.3	-2.5	225.	5.0	232.	-1.1
30	1	1	0.0	0.00	0.00	0.00	2.8	-7.7	189.	0.1	168.	-6.6
31	1	1	0.0	0.00	0.00	0.00	8.5	-7.3	181.	3.2	240.	0.4
1	2	1	0.0	0.00	0.00	0.00	-3.9	-8.5	303.	1.5	37.	-6.3
2	2	1	7.3	2.07	0.07	1.01	3.0	-8.5	288.	3.7	257.	-4.8
3	2	1	0.0	0.00	0.00	0.00	10.0	-0.8	311.	1.8	100.	3.7
4	2	1	0.0	0.00	0.00	0.00	2.4	-5.9	312.	2.9	142.	-11.8
5	2	1	0.0	0.00	0.00	0.00	5.6	-4.8	300.	3.9	49.	0.2
6	2	1	0.0	0.00	0.00	0.00	-3.1	-5.0	259.	1.0	124.	-4.2
7	2	1	0.0	0.00	0.00	0.00	7.4	-8.1	268.	6.1	189.	-1.0

Şekil 26. Çalışma sahasına ait iklim verileri

8	2	1	0.0	0.00	0.00	0.00	6.9	-0.7	295.	3.3	267.	0.7
9	2	1	0.0	0.00	0.00	0.00	0.8	-5.1	175.	3.6	64.	-10.9
10	2	1	0.0	0.00	0.00	0.00	4.7	-4.7	263.	0.0	0.	-0.2
11	2	1	0.0	0.00	0.00	0.00	10.5	-0.6	317.	0.0	0.	-10.0
12	2	1	0.0	0.00	0.00	0.00	-7.0	-9.2	290.	2.3	307.	-8.2
13	2	1	0.0	0.00	0.00	0.00	-1.6	-3.1	308.	3.4	314.	-2.5
14	2	1	0.0	0.00	0.00	0.00	4.4	-6.1	294.	5.6	0.	-1.0
15	2	1	0.0	0.00	0.00	0.00	6.1	-2.0	273.	0.0	0.	-3.8
16	2	1	0.0	0.00	0.00	0.00	3.6	-6.4	287.	4.9	162.	-7.6
17	2	1	23.7	4.38	0.01	1.01	4.4	-5.2	223.	8.4	254.	-0.6
18	2	1	5.2	1.70	0.02	1.01	-1.8	-6.6	350.	3.3	341.	-4.3
19	2	1	0.0	0.00	0.00	0.00	-0.3	-10.4	258.	0.0	0.	-5.5
20	2	1	0.0	0.00	0.00	0.00	0.2	-8.6	200.	0.0	0.	-4.3
21	2	1	1.8	1.15	0.00	1.01	5.0	-5.3	205.	4.4	340.	-1.1
22	2	1	5.0	3.82	0.05	1.01	0.7	-5.9	199.	4.5	290.	-2.7
23	2	1	34.0	4.45	0.07	1.01	-1.6	-1.8	342.	3.6	145.	-1.9
24	2	1	2.6	1.65	0.03	1.01	-1.6	-5.8	235.	4.6	253.	-10.0
25	2	1	0.3	3.97	0.01	1.01	7.6	-7.8	245.	1.0	146.	-6.2
26	2	1	19.6	1.00	0.02	1.01	-6.4	-8.7	185.	5.5	42.	-7.7
27	2	1	0.0	0.00	0.00	0.00	1.1	-4.0	207.	0.1	352.	-1.6
28	2	1	0.0	0.00	0.00	0.00	0.1	-10.4	329.	6.2	160.	-5.3
1	3	1	0.3	4.47	0.04	7.17	12.5	-3.5	190.	0.0	0.	-4.6
2	3	1	27.7	2.01	0.08	1.01	0.3	-3.3	312.	0.6	161.	-1.7
3	3	1	0.3	1.44	0.03	6.00	5.9	-4.2	400.	1.8	85.	-1.2
4	3	1	16.9	2.07	0.05	5.44	6.3	2.3	421.	2.6	344.	-1.0
5	3	1	0.0	0.00	0.00	0.00	12.3	5.8	250.	7.0	255.	-7.3
6	3	1	0.0	0.00	0.00	0.00	18.3	2.0	243.	3.1	325.	-4.2
7	3	1	2.9	5.40	0.88	46.49	9.5	-1.8	471.	4.6	188.	-8.5
8	3	1	0.3	2.11	0.08	14.28	11.1	-3.1	399.	2.5	314.	3.8
9	3	1	7.1	4.30	0.05	10.65	5.4	2.2	401.	3.9	217.	-4.9
10	3	1	0.3	2.36	0.04	9.33	12.0	-1.8	321.	5.3	159.	-7.6
11	3	1	0.3	2.06	0.06	12.94	11.6	-4.2	261.	2.7	154.	-4.9
12	3	1	5.2	3.09	0.01	13.52	18.3	1.0	469.	0.0	0.	-5.5
13	3	1	13.2	3.24	0.04	4.90	9.9	0.6	418.	2.3	310.	-3.2
14	3	1	0.3	1.06	0.04	2.94	12.0	-1.1	351.	4.1	146.	0.7
15	3	1	4.1	6.90	0.79	22.45	8.4	-3.0	469.	0.0	0.	2.5
16	3	1	0.3	2.06	0.06	8.60	9.5	-4.2	195.	0.0	0.	-13.8
17	3	1	0.3	3.06	0.97	7.22	5.9	2.9	279.	5.3	189.	-7.0
18	3	1	0.3	3.20	0.31	13.35	14.2	-4.6	355.	6.6	222.	4.6
19	3	1	0.0	0.00	0.00	0.00	7.9	1.4	231.	3.0	84.	4.4
20	3	1	0.3	1.89	0.02	13.40	11.9	1.3	304.	4.6	358.	-2.7
21	3	1	0.0	0.00	0.00	0.00	6.3	-1.2	361.	0.0	0.	-6.0
22	3	1	0.0	0.00	0.00	0.00	6.4	-2.0	456.	2.9	146.	-3.0
23	3	1	0.0	0.00	0.00	0.00	6.5	-2.0	213.	2.7	200.	-7.2
24	3	1	0.0	0.00	0.00	0.00	11.2	-1.6	294.	3.3	187.	-7.9
25	3	1	0.3	1.17	0.05	3.90	16.6	-0.4	288.	4.7	164.	5.8
26	3	1	0.3	2.14	0.96	2.46	10.1	-1.7	282.	0.4	62.	4.0
27	3	1	0.0	0.00	0.00	0.00	8.7	-5.2	487.	3.2	226.	1.5
28	3	1	0.0	0.00	0.00	0.00	6.4	-3.9	401.	2.8	160.	1.0
29	3	1	0.0	0.00	0.00	0.00	12.1	0.7	426.	6.0	36.	-3.2
30	3	1	0.0	0.00	0.00	0.00	7.3	4.9	442.	4.8	188.	5.2

Şekil 27. Çalışma sahasına ait iklim verileri devamı

1	4	1	0.0	0.00	0.00	0.00	11.4	8.5	545.	4.1	269.	9.7
2	4	1	0.0	0.00	0.00	0.00	20.2	7.0	535.	4.8	127.	-0.4
3	4	1	0.0	0.00	0.00	0.00	18.4	12.3	466.	0.0	0.	6.8
4	4	1	0.0	0.00	0.00	0.00	14.0	6.0	558.	3.6	135.	-10.2
5	4	1	18.7	0.89	0.01	3.01	19.2	4.2	562.	4.6	313.	6.0
6	4	1	5.7	2.15	0.09	6.61	13.5	1.9	264.	7.0	211.	7.5
7	4	1	36.2	3.39	0.06	13.99	23.0	7.4	570.	3.4	133.	14.0
8	4	1	2.0	1.15	0.06	8.43	17.0	5.4	277.	5.8	327.	0.7
9	4	1	0.0	0.00	0.00	0.00	25.6	7.4	624.	3.9	253.	6.5
10	4	1	0.0	0.00	0.00	0.00	20.5	4.5	308.	3.9	351.	-12.0
11	4	1	0.0	0.00	0.00	0.00	6.8	1.9	555.	3.9	355.	2.9
12	4	1	0.0	0.00	0.00	0.00	11.6	5.4	426.	2.5	9.	-3.1
13	4	1	0.3	3.67	0.06	10.76	12.8	6.5	639.	2.9	64.	8.3
14	4	1	14.2	6.12	0.41	8.92	11.5	1.1	482.	4.6	163.	6.1
15	4	1	3.9	4.89	0.08	14.76	22.2	8.6	368.	6.2	24.	-5.9
16	4	1	3.6	1.09	0.04	7.03	15.7	6.4	641.	1.6	145.	7.2
17	4	1	0.3	2.99	0.69	9.33	20.9	3.1	568.	1.6	94.	-11.7
18	4	1	20.4	2.01	0.05	9.36	24.9	5.8	578.	2.0	226.	-2.8
19	4	1	57.7	2.97	0.02	5.02	21.9	5.4	369.	1.7	1.	-0.5
20	4	1	0.8	1.21	0.07	4.53	16.8	3.5	513.	1.2	61.	-2.7
21	4	1	15.7	1.04	0.22	5.81	24.2	8.8	624.	3.6	183.	7.3
22	4	1	0.3	4.38	0.03	17.81	14.5	4.9	530.	6.1	241.	-8.8
23	4	1	0.0	0.00	0.00	0.00	20.7	7.8	631.	0.0	0.	11.0
24	4	1	0.0	0.00	0.00	0.00	26.3	6.4	99.	2.6	292.	-15.9
25	4	1	0.3	3.59	0.00	16.38	29.4	0.5	586.	5.5	214.	9.0
26	4	1	6.1	1.42	0.82	3.14	6.8	1.9	449.	3.6	203.	-10.9
27	4	1	3.8	2.14	0.07	4.38	20.7	6.5	686.	3.3	153.	8.7
28	4	1	1.1	7.37	0.01	29.49	15.8	4.8	359.	3.7	169.	2.4
29	4	1	0.3	3.75	0.04	8.11	17.2	1.9	576.	7.1	217.	1.0
30	4	1	24.4	1.75	0.00	11.13	15.5	1.4	520.	0.0	0.	-2.0
1	5	1	0.3	0.95	0.08	6.07	15.8	11.3	586.	0.9	334.	4.7
2	5	1	0.3	4.08	0.04	25.24	27.2	9.9	592.	1.8	239.	5.2
3	5	1	13.4	1.54	0.06	7.06	28.8	7.1	663.	3.9	165.	-5.4
4	5	1	0.3	1.08	0.02	3.97	30.3	8.7	588.	3.1	77.	-4.6
5	5	1	0.3	3.19	0.01	16.23	23.3	12.8	498.	0.0	0.	13.0
6	5	1	4.5	1.75	0.06	8.17	15.8	2.7	508.	3.8	195.	-12.2
7	5	1	0.3	2.70	0.06	9.69	26.7	13.7	411.	4.5	339.	11.3
8	5	1	0.5	3.32	0.07	13.55	12.8	9.4	557.	0.0	0.	3.4
9	5	1	12.3	2.17	0.46	4.28	20.9	13.6	405.	2.8	241.	-1.8
10	5	1	0.3	7.81	0.08	20.03	18.8	9.7	587.	1.5	8.	9.5
11	5	1	0.3	1.41	0.03	6.33	18.7	15.4	697.	4.1	173.	1.3
12	5	1	0.3	1.24	0.05	4.21	16.9	10.9	377.	4.2	332.	-1.3
13	5	1	0.3	2.51	0.03	9.43	20.0	9.2	690.	0.0	0.	-1.0
14	5	1	0.3	2.33	0.06	4.96	18.4	4.8	692.	3.4	84.	10.2
15	5	1	0.3	1.56	0.01	8.86	26.4	12.0	646.	4.1	155.	18.8
16	5	1	0.0	0.00	0.00	0.00	27.1	13.5	540.	8.7	232.	19.9
17	5	1	0.0	0.00	0.00	0.00	20.4	5.9	711.	4.2	176.	2.1
18	5	1	0.0	0.00	0.00	0.00	17.9	7.7	326.	3.5	259.	10.4
19	5	1	8.2	3.73	0.06	6.38	29.3	11.2	733.	2.8	131.	20.1
20	5	1	0.3	4.04	0.10	18.31	22.5	10.9	570.	2.9	183.	4.4
21	5	1	19.4	3.97	0.05	8.85	23.0	8.0	525.	0.0	0.	-8.9
22	5	1	1.8	2.27	0.00	5.67	26.5	11.6	641.	5.7	261.	11.7
23	5	1	0.3	1.18	0.00	4.07	12.9	6.8	597.	1.2	184.	9.6

Şekil 28. Çalışma sahasına ait iklim verileri devamı

Çalışma sahasının iklim verilerine baktığımızda mevcut sahamız 38.88 enlem, 40.49 boylam aralıklarında 1156 yükseltide bulunmaktadır. Aylık maximum ortalama sıcaklarına baktığımız zaman Temmuz ve Ağustos aylarının 34,5 (C) ile sıcaklığın en fazla olduğu ay olarak görülmektedir. Aylık minimum ortalama sıcaklarına göre ise -6,1 (C) ile ocak ayının en düşük sıcaklığa sahip ay olduğu görülmektedir. Gözlenen aylık ortalama güneşlenme sürelerine baktığımız zaman en fazla güneşlenme süresine sahip ay 701,0 ile Temmuz en az güneşlenme süresine sahip ay ise 154,0 ile Aralık ayıdır. Aylık ortalama yağış verilerine bakıldığı zaman bölgenin en fazla yağışı 117,1 mm ile Aralık ayında en az yağışı ise Ağustos ayında aldığı görülmektedir. Aralık, Ocak, Şubat, Mart ve Nisan aylarının ortalama yağış miktarının birbirine yakın olduğu gözlemlenmektedir.

3.4. Toprak Erozyon Risk Değerlendirilmesinde RUSLE Yöntemi

Bu araştırma, erozyon risk haritasını ortaya çıkarmak ve mikro yağış havzasının mevcut arazi kullanım durumu hakkında bilgi elde etmek için uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemi teknolojilerinden faydalanmaktadır. Erozyon modelinin oluşturulmasında RUSLE modeli etkenlerinden faydalanılmıştır (Renard ve ark., 1997).

Erozyon akabinde sahada meydana gelen toprak kayıp miktarının belirlenmesinde en çok kullanılan yöntemlerden bir tanesi Üniwersal toprak kayıp denklemi (USLE) dir. USLE ilk olarak tarım arazilerinde meydana gelen toprak kayıplarının belirlenmesi için Wischmeier ve arkadaşları tarafından 1957 yılında geliştirilmiştir. Akabinde 1971 yılında inşaat sahalarında 1972 yılında ise mera ve orman alanları için de kullanılmaya başlanmıştır. 1985 senesinde Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı'nın ve aşınma ile alakalı inceleyicilerin de katılımıyla yapılan toplantıda USLE programın gelişen teknoloji kaynakları yardımıyla tekrardan revize edilerek kullanılmasına karar verilmiştir. 1987 yılında yenilenme çalışmalarına başlanmış ve bu yeni ortaya çıkan modele RUSLE denilmiştir (Wischmeier ve Smith, 1978).

$$A = R \times K \times LS \times C \times P \quad (11)$$

Burada:

A: Birim alandan gerçekleşen ortalama yıllık toprak kaybı miktarı (ton/ha/yıl).

R: Yağmur erozivite indeksi (ton/ha/yıl).

K: Toprak erodibilite faktörü (ton/ha/yıl).

L: Eğim uzunluğu faktörü (birimsiz).

S: Eğim dikliği faktörü (birimsiz).

C: Bitki amenajman faktörü (birimsiz, 0 ve 1 değerleri arasında).

P: Toprak koruma önlemleri faktörü (birimsiz, 0 ve 1 değerleri arasında) dür.

Yukarıda verilen R faktörü erozyona etki eden iklim faktörünü, L ve S faktörleri topografik niteliklere bağlı olan eğim uzunluğu ve dikliğini, K faktörü toprak erodibilite faktörünü, C ve P faktörleri ise arazi kullanımı ile ilgili konuları göstermektedir. Dolayısıyla bu denklem, doğal ve beşeri coğrafyadan kaynaklanabilecek potansiyel erozyon miktarını tahmin edebilir. Denklemlerle belirlenen değer, seçilen herhangi bir alanda meydana gelebilecek potansiyel toprak kaybı miktarını temsil eder, bu da esas olarak oluk ve oluklar arasındaki erozyondan kaynaklanır. Fakat erozyona maruz kalan toprağın taşınması ve birikimi hakkındaki süreçleri, nehir yatağı ve oyuntu erozyonunun sonuçlarını kapsamamaktadır.

3.4.1. Yağmur Erozyon İndeksi (R)

Yağmur erozif faktörü (R), yağış sebebiyle oluşabilecek potansiyel erozyonu temsil eder (Chen ark., 2009). Yağmur erozif faktörü (R), belirlemek için toplam yağış ve toprağa düşen yağış miktarının kinetik enerjisi dikkate alınır (Beskow ark., 2009). Yağışın erozyon etkisini belirlemek için, yağışın toplam kinetik enerjisi ile RUSLE denklemindeki 30 dakikalık maksimum yoğunluğun (EI = erozyon indeksi) çarpılmasıyla elde edilen değer, toprak kaybının hesaplanmasında önemli bir faktördür (Cürebal - Ekinci, 2006; Chen ark., 2009).

Yağış Erozyon faktörünü hesaplamak için, yıllık ve aylık yağış ortalamalarının dikkate alındığı "Modified Fournier Index (MFI)" den (Arnoldous, 1977; 1980; Williams ve Sheridan, 1991) yararlanılmıştır. MFI = şeklinde olan bu eşitliğe göre; P_i aylık yağışları (mm), P_j ise yıllık yağışların ortalamasını (mm) temsil etmektedir. Burada "Yağış Erozyon faktörü ise $= (4.17 \times MFI) - 152$ " eşitliğinden ortaya çıkmaktadır. Çalışma sahasında yağış dağılımı haritası Bingöl Meteoroloji İstasyonunun verilerine göre oluşturulmuştur. Yağış haritası oluşturulurken Schreiber tarafından önerilen formül kullanılmıştır (Dönmez, 1990). $Ph = Po + 54xh$ şeklinde ifade edilen formülde Ph =Yükseltisi bilinen noktanın bulunacak yağış tutarı, Po =Yükseltisi bilinen ve yağış rasadı yapılan istasyonunun yağış tutarı

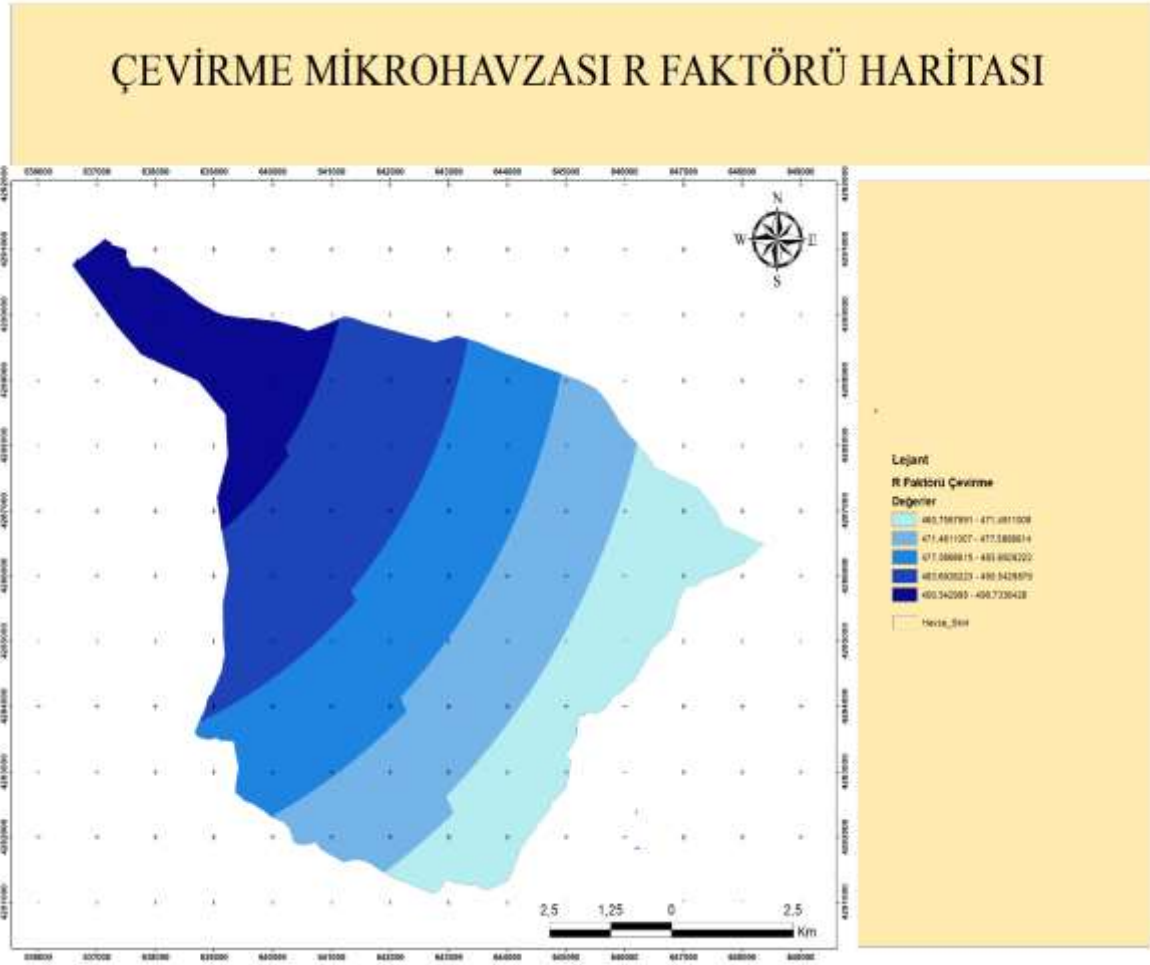
(Toplam yağış), 54=Her 100 m. yükseldikçe yağışın 54 mm. arttığını gösteren katsayı, h=Baz alınan istasyon ile yağış miktarı bulunacak nokta arasında yükselti farkıdır (metre).

R değerleri üzerinde yükselti büyük bir önem arz etmektedir. R faktörü haritasında da görüldüğü üzere havzanın yüksek kısımları R değerlerinin yüksek olduğu alanları göstermektedir. Yağış miktarı ile yükselti arasında doğrusal bir ilişki bulunmaktadır. Yükseltinin artış göstermesine mukabil yağış miktarında da bir artış olduğu gözlemlenmektedir. Şekil 29’de görülen en yüksek R değeri 1600-2100 m arasında yükseklikte bulunan alanlar için 498,73 dür

Tablo 21. Araştırma alanı R değerlerinin alansal ve oransal dağılımları

R(MJ ha-1 yıl-1 x mm h-1)	Alan	Oran
460,75	0,006	%0,05
471,48	1001,5	%17,2
477,58	1312,998	%22,6
483,69	1397,942	%24,06
490,54	1340,123	%23,06
498,73	756,810	%13,03
Toplam	5809,386	%100

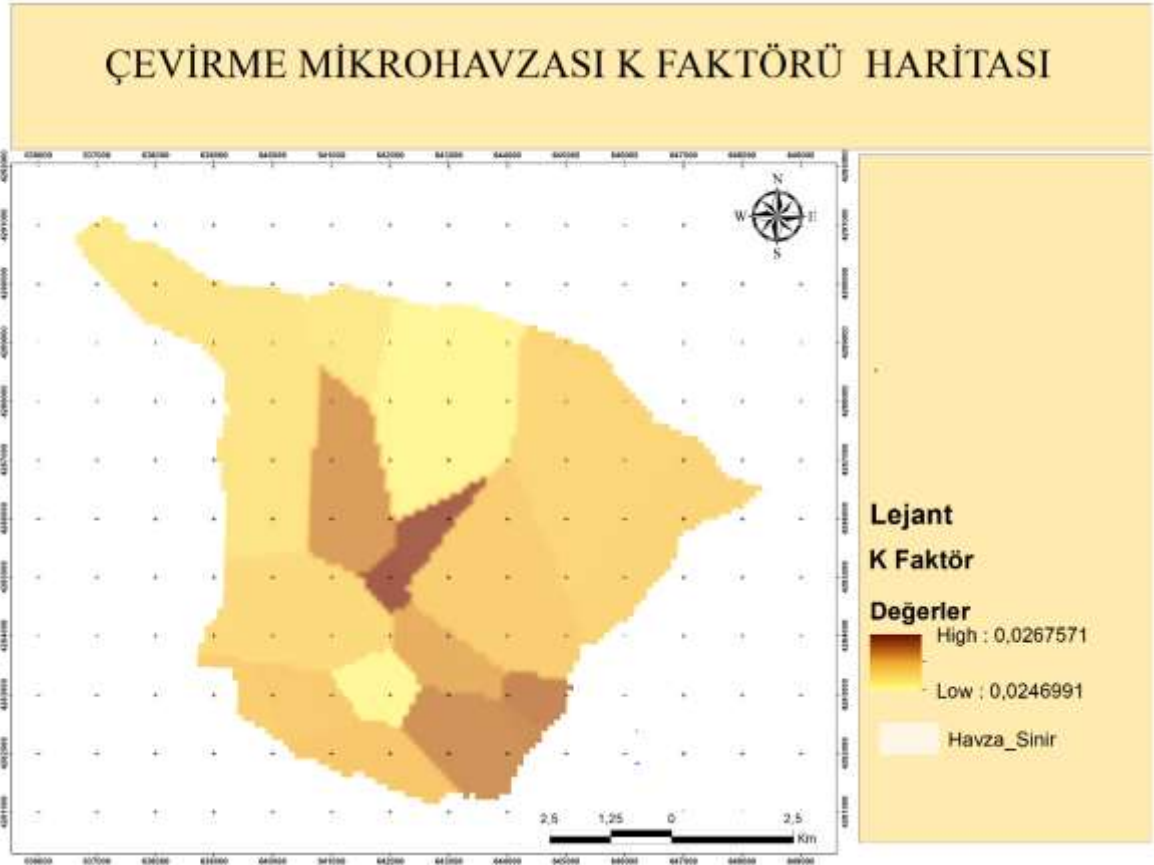
Çevirme Mikro Yağış Havzasının Yağmur Erozivite İndeksinin hesaplamaları ile elde edilen, en yüksek R değeri 498,73 olup toplam alanını %13,03 ünü oluşturmaktadır. En düşük R değeri ise 460,75 olup toplam alanın %0,05 ini oluşturmaktadır. Çevirme Mikro Yağış Havzasının mevcut R değerleri alansal ve oransal yayılımları tablo 21’de gösterilmiştir.



Şekil 29. Çevirme mikrohavzası R faktörü haritası

3.4.2. Toprak Erodibilite Faktörü (K)

Erodibilite (toprağın erozyon eğilimi), toprağın kendi yapısının farklı niteliklerinin sonucunda erozyona karşı direncini ve erozyona maruz kalma eğilimini gösterir. Toprağın erodibilitesi, esas olarak toprağın içyapısını meydana getiren fiziksel ve kimyasal niteliklere bağlıdır. Yani toprağın tekstür ve strüktürü ile alakalıdır. Aynı aşındırıcı etkenler karşısında bazı topraklar dirençlidir. Fakat bazı topraklar rahat bir şekilde çözünür ve dağılarak erozyona maruz kalır (Balcı, 1996). 1978 yılında Wisniewski ve Smith tarafından geliştirilip kullanılan Evrensel Toprak Kaybı Tahmin Modeli (USLE) denkleminde bulunan faktörlerden birisi olan toprak erozyon faktörü K, toprakların organik madde içeriği, dokusu, yapısı ve su geçirgenliğine bağlıdır ve erozyona karşı direnç gösterir (Sönmez, 1994).



Şekil 30. Çevirme mikrohavzası K faktörü haritası

Oluşturulan K faktörü haritasına ait K değerleri 0,024 ile 0,026 değerleri arasında değişim göstermektedir. En yüksek K değeri ile en düşük K değeri birbirine oldukça yakındır. Çalışma alanı orman toprağı ile kaplıdır.

Tablo 22. Araştırma alanı toprakları K sınıf dağılımı

Aşınım Sınıfı	Aşınım Sınıf Değeri	Alan (ha)	Oran (%)
Çok az aşınabilir	$0.001 < K < 0.024$	8,553	0,15
Az aşınabilir	$0.024 < K < 0.026$	5800,833	99,85
Toplam		5809,386	100

3.4.3. Eğim Uzunluğu ve Eğim Derecesi Faktörü (LS)

Eğim faktörü RUSLE modeli için eğim derecesini ve eğim uzunluğunu temsil etmektedir. Yüzey akışın meydana getirdiği bir noktadan, meyilin azaldığı ve birikmenin

başladığı yahut yüzey akışın bir kanala kadar olan yatay uzaklığına eğim uzunluğu (L) denir (Wischmeier ve Smith, 1978). LS değerinin CBS ortamında hesaplanması için birden fazla araştırmacı farklı çalışmalar yapmıştır. Bu çalışmaların temel sebebi LS faktörünün arazi ortamında hesaplanmasının oldukça güç olmasıdır.

Desmet ve Grovers (1996), Nearing (1997), Hickey (2000), Van Remotel ve ark. (2001, 2004), Kinnell (2005) bu araştırmacılardan bazılarıdır. Yukarıda bahsedilen araştırmacılar, LS değerini bulmak için farklı denklemler ortaya çıkarmalarına rağmen, eğim derecesi ve akışın toplamı hepsi tarafından ortak kabul edilmiş yalnızca sabit sayılar ve kullandıkları algoritmalar farklılık göstermiştir. Araştırmalar sonunda araştırmacıların tümü tarafından ortak kabul edilecek bir denklem olmadığı görülmüştür. Ortaya konulan çalışmalara göre yükseltinin fazla olduğu dağlık sahalarda yamaç uzunlunun fazla olması ve yamaç şeklinin farklılıklar göstermesi LS faktörünün hesaplanmasındaki karşılaşılan en büyük problemdir.

Wang ve ark. (2001), Lee (2003), Başaran (2005), Onori ve ark. (2006), Bahadır (2008), Bayramin ve ark. (2008) ve Özcan ve ark. (2008) vb. araştırmacılar, araştırmalarında, LS faktörünü hesaplamak için Moore ve Burch (1986), tarafından tavsiye edilen denklemden faydalanmışlardır. Kendi çalışmamızda da Moore ve Burch (1986)'un önerdiği denklem ($LS = (Akış\ Toplamı * Hücre\ Büyüklüğü / 22.13)^{0,4} * (\sin\ Eğim / 0,0896)^{1.3}$) kullanılmıştır.

Çalışma alanı LS faktörünün oluşturulması akabinde elde edilen eğim haritası Anonim 'de (1962) meydana getirilen eğim sınıflarına dikkate alınarak tekrardan kategorize edilip Çevirme Mikrohavzasının eğim sınıfları haritası oluşturulup eğim sınıflarının alansal ve oransal dağılımı hesaplanmıştır. Havzanın eğimi LS değerini arttıran en önemli etkenlerden bir tanesidir. Ortaya çıkan verilere göre çalışma alanının % 4,5 gibi çok ufak bir bölümü çok dik ve sarp eğimden oluşmaktadır. Çalışma alanının %22,6 lık kısmı 0-2 eğim grubunda, %24'ü 2-6 eğim grubunda, %29,4'ü 6-12 eğim grubunda ve %19,5'i de 12-20 eğim grubunda bulunmaktadır. TIN verisinden oluşturulan eğim sınıfları haritası eğim durumuna göre 6 sınıfa ayrılmıştır. Arazinin eğim sınıflarına göre dağılımı aşağıdaki Tablo 23'te verilmiştir.

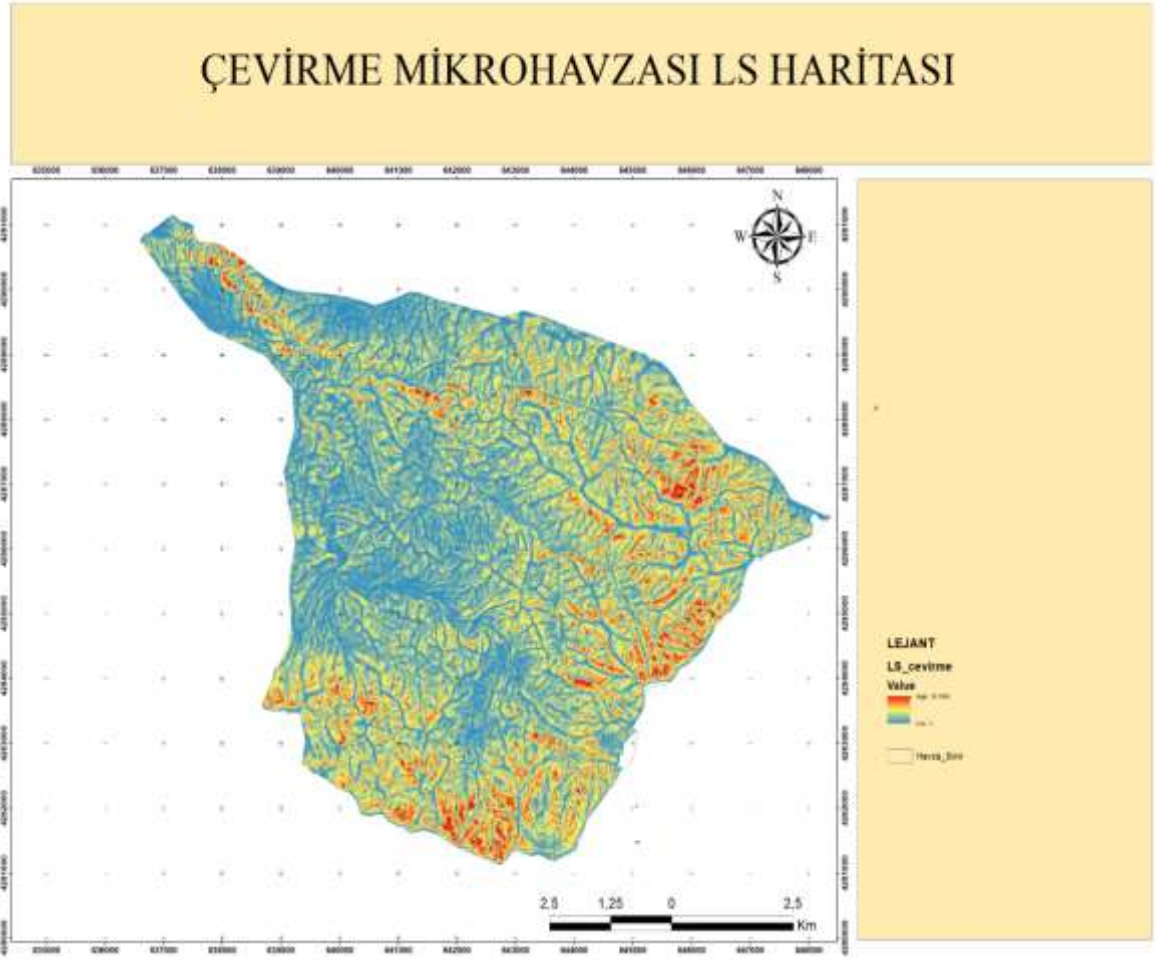
Tablo 23. Eğim sınıflarının alansal ve oransal dağılımı

Eğim Sınıfları	Alan(ha)	Oran(%)
0-2	1312,40	22,6
2-6	1396,47	24,0
6-12	1705,39	29,4
12-20	1130,71	19,5
20-30	240,04	4,1
>30	24,376	0,4
Toplam	5809,386	100

Yüzeysel akış ile toprak kayıp arasındaki bağlantıyı belirleyen ana etmen eğimdir. Eğimli bir alanda diğer faktörlerin eşit olması durumunda eğimin yüksek olduğu alanda yüzeysel akışın da yüksek olmasından kaynaklı erozyon ile oluşacak toprak kaybı da fazla olur (Ekinci, 2005).

Yamaç eğiminin %20'yi aşması durumunda yüzeysel akışta meydana gelen artışa bağlı olarak erozyon riskinin artmasına sebebiyet verir (Biricik, 1985). Eğim değerlerinin yüzeysel akış üzerinde etkili olmasının yanında yağışların daha dik yüzeylere düşmesine ve toprağa çarpma şiddetinin daha yüksek olması sonucunda erozyonu arttıran bir sebep olarak kabul edilir (Sönmez, 2010).

Farklı yağış özellikleri ve arazi kullanım koşulları altında, erozyon yoğunluğu ve eğim arasındaki fonksiyonel ilişki farklıdır. Eğim yüzdelerindeki artış oranına bağlı olarak erozyon miktarının şiddetinde de artış meydana gelmektedir. Örneğin %5'den %10'na yükselmesi durumunda erozyon miktarında 3 katı oranında %15'e çıkması halinde ise 5 katı bir artış olduğu saptanmıştır (Balcı ve Ökten, 1987).

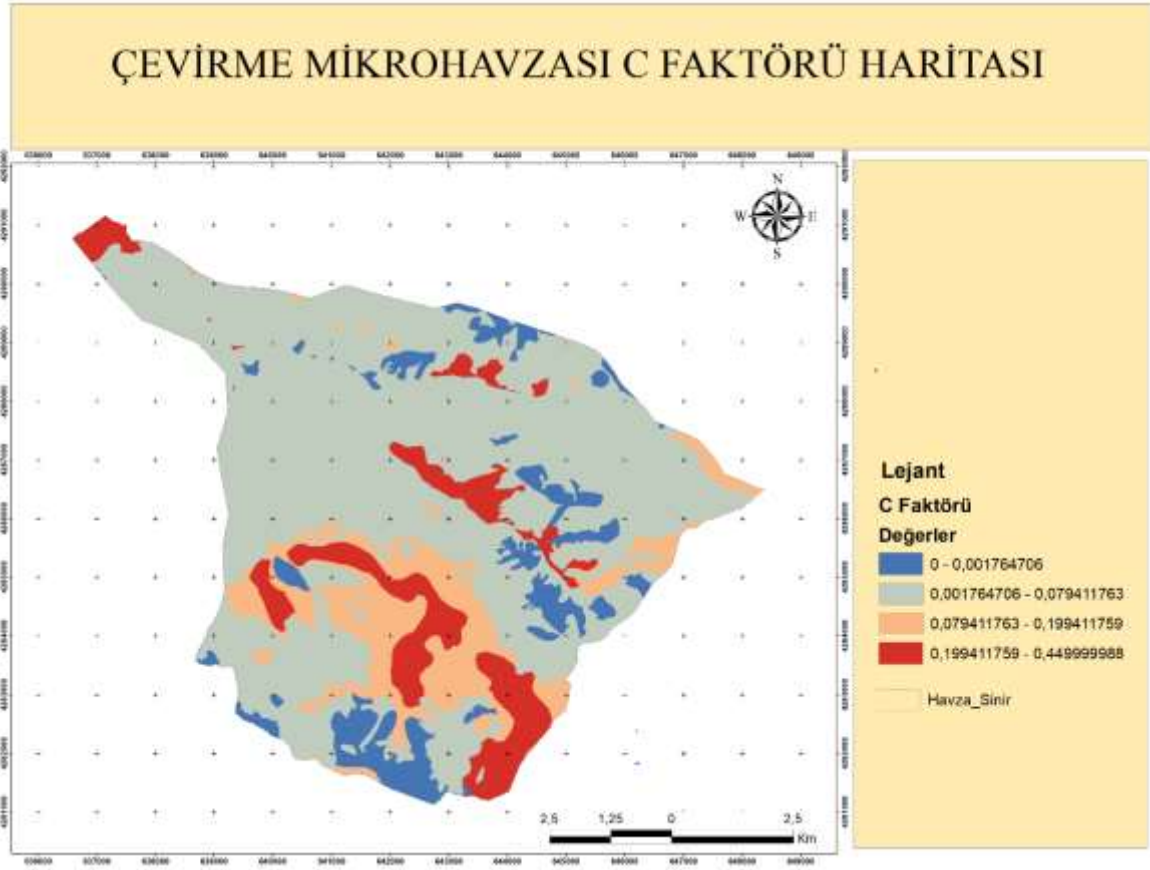


Şekil 31. Çevirme mikrohavzası LS faktörü haritası

3.4.4. Bitki Yönetim Faktörü (C)

USLE ve RUSLE'da bitki yönetimi faktörleri artmakta ve amenajman yöntemlerinin erozyon üzerindeki etkisini belirtmek için kullanılmaktadır. Bu, amenajman yöntemlerinin toprak koruma programları üzerindeki etkilerini karşılaştırmak için kullanılan en yaygın faktördür. Yaygın şekilde kullanılan bu faktör toprak koruma planında ortalama yıllık toprak kayıp potansiyelini veya uygulanacak olan farklı amenajman yöntemleri esnasında belli bir süre içinde oluşacak bozulmaları gösterir (Renard ve ark., 1997).

Bitki örtüsünün zayıf veya güçlü olarak farklılık göstermesindeki temel etken mevcut konumu ve mevsimlerdir. Buna mukabil her bir alanın üretim durumu, yıllık yağış potansiyeli ve bitki geliştirme aşamalarındaki farklılıklar nedeniyle, C faktörü analizler yardımıyla bulunmalıdır (Özsoy, 2007).



Şekil 32. Çevirme mikrohavzası C faktörü haritası

Tablo 24. Bitki yönetim faktörü

	Alan ha	%
Seyrek orman	3774,298	64,96896
Orman	1418,119	24,41083
Mera	374,0057	6,437956
Tarım	242,9632	4,182252
Toplam	5809,386	100

Tablo 24’ de verilen bilgiler ele alındığında çalışma sahasının % 64,9 lık kısmının seyrek orman (3774,298 ha), % 24,41 i orman alanı (1418,119 ha) % 6,43’ü mera (374,0057 ha) ve % 4,18’i ise tarım (242,96 ha) alanı olarak görülmektedir.

3.4.5. Toprak Koruma Önlemleri Faktörü (P)

Toprak koruma faaliyetlerini oluşturan faktöre P faktörü denmektedir. Toprak erozyonun hızlanması veya yavaşlaması eğim yönünde veyahut eğime dik yönde yapılan toprak işleme etkilemektedir. Büyük havuzlarda P faktörünün konum dağılımını belirlemeye yönelik bir yaklaşım yoktur. Ülkemiz 'de toprak koruma faaliyetleri sınırlı seviyede uygulanmakta yada hiç uygulanmamaktadır. Bu faktör dikkate alınarak çalışmanın mevcut çalışma alanında gözlemler yapıldığında ortaya konulan sonuçlarda toprak koruma yöntemlerine rastlanmamıştır. Bu sonuca istinaden P=1,0 olarak dikkate alınmıştır. (Wischmeier ve Smith, 1978).

3.4.6. RUSLE Toprak Kaybı Miktarı

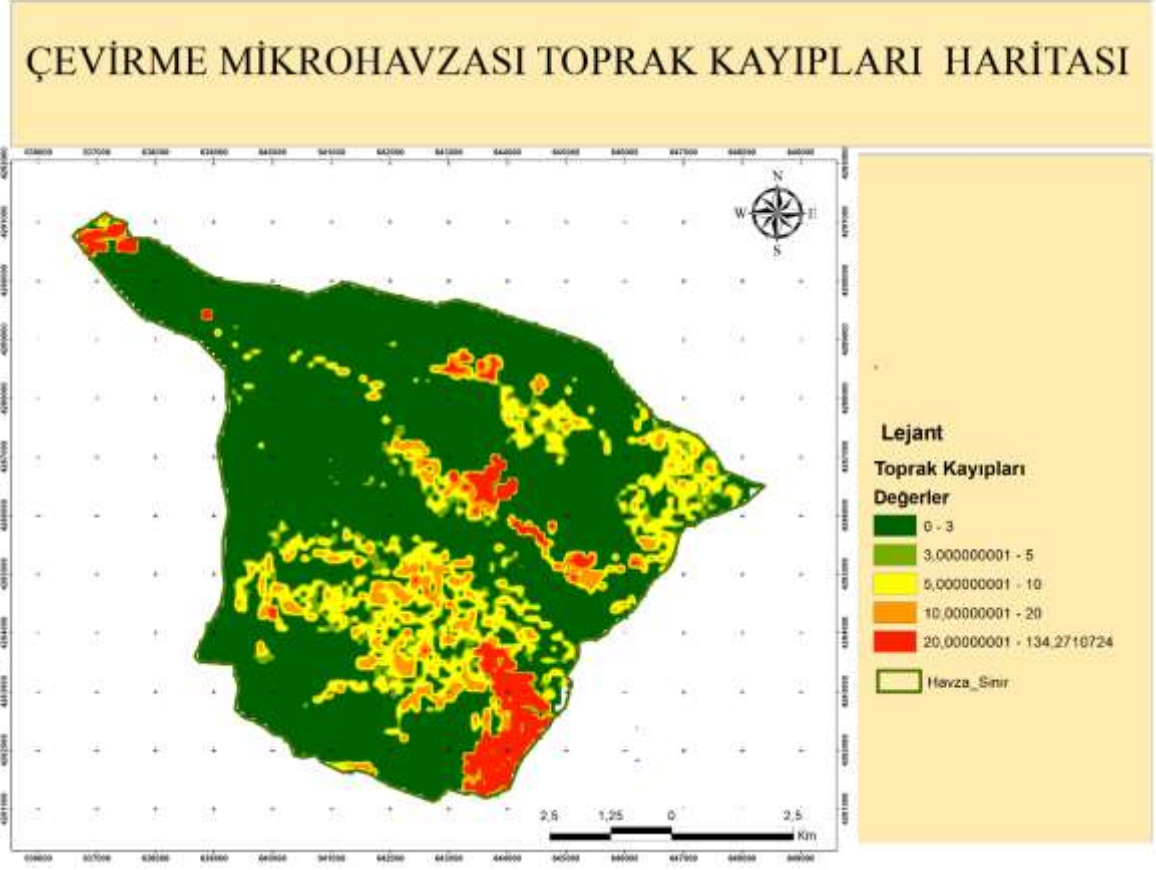
A faktör haritası toprak kayıp miktarının son aşamasında hesaplanır. Mevcut haritaların aynı çözünürlükte olduğu dikkate alınarak ArcGIS yazılımı yardımıyla Raster Calculator komutu kullanılıp mevcut haritaların tümünün birbirleri ile çarpılması akabinde A faktöre ait harita tekrar kategorize edilmiştir. Bergsma ve ark. (1996)'nın kullanmış olduğu sınıflandırma çalışma alanının topraklarının erozyona karşı duyarlılığını belirlenmesinde kullanılmıştır.

Tablo 25. Arazinin erozyon duyarlılık sınıflarının alansal ve oransal dağılımı

Erozyon Duyarlılık Sınıfı	Erozyon Duyarlılık Sınıf Değeri (t.ha-1.yıl-1)	Alan (ha)	Oran (%)
Çok Düşük	0-3	4313,64	74,25
Düşük	3-5	285,1798	4,908
Orta	5-10	584,7466	10,1
Yüksek	10-20	363,089	6,25
Çok Yüksek	20-135	262,7303	4,52
Toplam		5809,386	100.00

Erozyon duyarlılık haritası (A faktör değerleri) irdelendiğinde arazinin % 74,25'i çok düşük % 4,908'i düşük % 16,35'i orta ve yüksek % 4,52'si ise çok yüksek erozyon sınıfında yer almaktadır. Çevirme Mikrohavzasında RUSLE yöntemi ve uzaktan algılama yöntemleri kullanılarak ortaya konan çalışmada potansiyel toprak kaybının 69.910 ton ha⁻¹

yıl⁻¹ ve ortalama potansiyel toprak kaybının da 12.03 ton ha⁻¹ yıl⁻¹ olarak belirlenmiştir. Mevcut araziye ait RUSLE erozyon toprak kaybı haritası Şekil 33’de verilmiştir.



Şekil 33. Çevirme mikrohavzası toprak kayıpları haritası

4. TARTIŞMA

Bingöl ili Genç ilçesi Çevirme Mikrohavzasında meydana gelen sediment verimi miktarının tahmin edilmesi amacıyla WEEPcloud ve RUSLE modelleri kullanılmıştır. Çalışma alanında meydana gelen toplam toprak kaybı miktarı WEEPcloud modelinde 59.000 ton/yıl ve ortalama toprak kayıp miktarı ise 11.000 ton/yıl'dır. Sediment iletim oranı değeri 0.858 olarak bulunmuştur. Yüksel ve ark. (2008), GeoWEPP modelini kullanarak Kahramanmaraş Orcan deresi havzasının sediment verimi ve yüzeysel akış değerlerini araştırmış ve Modelin gözlemlenen değerler ile karşılaştırılması akabinde iyi bir performans sergilediği söylenmiştir. Farklı bir çalışmada tekrar GeoWEPP modelini kullanan Yüksel (2001), Ayvalı Barajı Havzasında sediment veriminin 7,42 ton/ha/yıl olduğunu ortaya koymuştur. Ülkemiz 'de GeoWEPP modelinden faydalanılarak daha düşük sediment verimi sonuçları da bulunmuştur. Bu çalışmalara örnek olarak Özalp ve ark.(2017) ve Erdoğan Yüksel ve ark. (2016) Artvin ilinin farklı yörelerinde sediment verimi değerleri sırasıyla 1,86 ton/ha/yıl ve 2,54 ton/ha/yıl olarak belirtilmiştir. Örnek olarak verilen çalışmalarda ortaya konan daha düşük sediment verimi değerleri çalışma alanıyla kıyaslandığında bu alanlarda bitki örtüsü yoğunluğunun daha fazla ve normal kapalılığa sahip orman alanlarının daha fazla olmasına atfedilebilir. Yukarıda bahsedilen çalışmalarda dikkate alındığında GeoWEPP modelinin sediment verimi tahmin performansının araştırma alanı için tatmin edici olduğu ve araştırma alanında bulunan alt havzaların saptanmasında kullanılabileceği söylenebilir.

Çevirme Mikrohavzasında RUSLE yöntemi ve uzaktan algılama yöntemleri kullanılarak ortaya konan çalışmada potansiyel toprak kaybının $69.910 \text{ ton ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ ve ortalama potansiyel toprak kaybının da $12.03 \text{ ton ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Çevirme Mikrohavzasında muhtemel erozyon riski 5 sınıfa ayrılmıştır. Havzanın %74,25'inde çok hafif, %4,908 'inde hafif, % 10,1'inde orta % 6,25 'inde şiddetli ve %4,52'sinde çok şiddetli erozyon görülmektedir. Afyonkarahisar Sincanlı havzasında CBS ve uzaktan algıla teknikleri yardımıyla toprak erozyon risk değerlendirmesi yapılmış ve hesaplamalarda USLE tekniği kullanılmıştır (Erkal ve Yıldırım, 2012). Elde edilen verilere bakıldığında çalışma alanının %83' ünde çok hafif erozyon, %2' sinde hafif erozyon %4'ünde orta şiddetli erozyon %11'inde ise şiddetli erozyon olduğu belirtilmiştir. Benzer bir çalışmada Savacı (2012) yüksek lisans çalışmasında CORINE metodunu kullanarak Göz Deresi

Yağış Havzası ve Haman Deresi Yağış Havzası için potansiyel erozyon risk tahmini yapılmıştır. Göz Deresi Yağış Havzası için oluşturduğu erozyon risk haritasına göre %0-5 arasında bulunan alanlar düşük ve çalışma alanının toplam %70,17' sini, %5-11 arasında bulunan alanlar orta ve çalışma alanının toplam alanın %15,86' sını, %11' den büyük olan alanlar ise yüksek ve çalışma alanının toplam alanın %13,97' sini oluşturmaktadır. Haman Deresi Yağış Havzası için oluşturulan erozyon risk haritasına bakıldığında % 0-5 arasında bulunan alanlar düşük ve çalışma alanının toplam %70,83' ünü, %11 ' den büyük olan alanlar ise yüksek ve çalışma alanının toplam %29,17' sini kapsamaktadır.

Toprak kaybı toleransı, toprak kayıplarının sınırsız bir zaman için ürün verimini düşürmeyecek toprak kaybı miktarıdır. Toprak kaybı toleransı sınırları 2,2-11,2 ton/ha arasında değişmektedir. Bitki köklerinin erişebildiği toprak derinliğine bağlı olarak toprak oluşum koşullarına göre izin verilebilir toprak kaybı miktarları aşağıdaki tablo 26'da verilmiştir.

Tablo 26. Toprak Kaybı Toleransı Tablosu (SCS, 1973)

Köklenme Derinliği (cm)	Toprak Kaybı Toleransı (ton ha ⁻¹ yıl ⁻¹)	
	Yenilenebilir toprak	Yenilenemez toprak
0-25	2,2	2,2
25-50	4,5	2,2
50-100	6,7	4,5
100-150	9,0	6,7
>150	11,2	11,2

Çalışma sahamızda ki bitki kök gelişimini toprak kaybı toleransı tablosunu temel olarak yorumladığımızda çalışma sahamızda bulunan bitkilerin çoğunluğunun 0-25 ve 25-50 cm derinliğe kadar köklenme yaptıklarını belirlenmiştir. Alanımızda ki toprak kayıpları değerlerini göz önünde bulundurduğumuz zaman çalışma sahamızın toprak kaybı tolerans değerinin üstünde olduğu ortaya çıkmıştır. Çalışma alanımızda erozyonun şiddetini azaltmak ve erozyona maruz kalan alanların vakit kaybetmeden rehabilitasyona tabi tutulması gerekmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çevirme Mikrohavzasında yapılan bu çalışmada, bazı fiziksel, kimyasal ve hidrolojik toprak özelliklerinin rakım, anakaya ve bakı grubuna göre değişimi gözlenmiştir. WEEPcloud ve RUSLE modelleri için gerekli olan sayısal verilerin oluşturulması için bazı kurumlardan haritalar, topografik, toprak, orman amenajmanı ve uydu görüntüleri temin edilip CBS ortamında hazırlandıktan sonra “iklim dosyası (Climate file)”, “toprak dosyası (soil file)” ve “Amenajman dosyası (Management file)” oluşturulmuştur. WEEPcloud ve RUSLE modelleri havzada nerelerde ve ne zaman toprak kayıplarının oluşacağını göstermektedir. WEEPcloud ve RUSLE havza da hangi toprak koruma önlemlerinin alınması ve bu önlemler için en etkili yöntemlerin belirlenmesinde etkin bir rol alır.

WEEPcloud programı ve RUSLE yönteminden faydalanmak suretiyle çalışma sahasında meydana gelen sediment verimleri ortaya konulmuştur. WEEPcloud ve RUSLE modelleri kullanılarak Havzada meydana gelen toprak kaybı miktarı tahmini ve sediment verimi sırasıyla 11,00 ton/ha/yıl, 12,03 ton/ha/yıl olarak belirlenmiştir. Çevirme Mikrohavzasında bulunan mevcut topraklarının %93,3’ünü balçıklı topraklar oluşturmaktadır. Bu veri ışığında Çevirme Mikrohavzasına ait toprak yapısının su ve hava infiltrasyon’un makul seviyede olduğu, drenaj probleminin bulunmadığı belirlenmiştir.

Çevirme Mikrohavzasının jeolojik yapısını metamorfik anakayalar oluşturmaktadır. Bu anakayalar üzerinde zaman ile meydana gelen toprak erozyonu çoğu zaman derin bir yapıya sahiptir ve kumlu balçıklı ile kumlu killi bir tekstür yapısına sahiptir. Havzaya ait toprak yapısında organik maddenin orta düzeyde bulunduğu, kirecin yanı sıra tuzunda olmadığı ve herhangi bir drenaj probleminin olmadığı belirlenmiştir. Elde edilen veriler ışığında mikrohavzada mevcut olan toprak özelliklerinin havza alanında yapılacak orman faaliyetlerine uygun bir ortam barındırdığı saptanmıştır.

Havzanın üst kesimlerinde yer alan mera alanlarında zayıf bir bitki örtüsü mevcuttur. Mera alanlarında geven bitkisinin fazla olduğu bu bitkinin yakacak ve hayvan yeminde kullanılması geven miktarında azalmaya ve tahrip olmasına neden olmuştur. Toprak erozyonunu önlemede etkin bir role sahip geven bitki örtüsünün tahribatı nedeniyle alanda şiddetli toprak erozyonu meydana gelmiştir.

Çevirme Mikrohavzası içerisinde yer alan köylerde yaşamları sürdüren köy halkının gelir düzeyinin düşük olduğu ve bu alanda yaşayan insanların geçim kalemlerinin başında

yer alan hayvancılık alanda bulunan meşeler üzerinde baskı meydana getirmiş meşelerin bodur kalmasına sebep olmuştur. Aynı zamanda halkın kışlık yakacak yakıtın odun hammaddesinden karşılıyor olması alanda bulunan ağaç örtüsünü azaltmış ve çalışma sahasında toprak erozyonuna neden olmuştur.

Çalışma alanında meydana gelen toprak kaybı miktarı WEEPcloud ve RUSLE yardımıyla ortaya konmuş ve toprak kaybı toleransı değerlerine bakılarak alanda meydana gelen erozyon miktarı fazla olduğu belirlenmiştir. Çalışma sahasında erozyonun mukavemetini kırmak ve mevcut sahaları korumak için erozyona uğramış sahalarda bir an önce erozyona karşı tedbirler alınmalıdır. Sahanın rehabilitasyona tabi tutularak bitki örtüsünün yer almadığı alanlarda ilk olarak toprak taşımının önüne geçilmeli ve akabinde çalışma sahasına uygun ağaç türleri ile ağaçlandırma işlemi yapılmalıdır. Bozuk orman vasfı taşıyan sahalarda tamamlama işlemine tabi tutulmalıdır.

Çevirme Mikrohavzasının su kaynakları açısından herhangi bir sıkıntı olmadığı gibi mevcut su kaynaklarının havza için yeterli olacağı gözlemlenmiştir. Fakat havza içerisinde bulunan su kaynaklarının doğru ve verimli bir şekilde kullanılmamasından ve yaz aylarında buharlaşmadan kaynaklanan su sıkıntısının havzanın genel soru olduğu saptanmıştır. Gerekli önlemlerin ve düzenlemelerin yapılmasıyla havza da bulunan su sıkıntısının büyük bir kısmının halledilebileceğini söylemek mümkündür.

Hayvan baskısı ve yakacak odun ihtiyacının temin edilmesinden kaynaklanan havza içerisinde bulunan bozuk meşe sahalarının rehabilitasyona konu edilmesi açıklık olan sahalarda tamamlama çalışmalarının yapılması mevcut bitki örtüsünün korunması havzada meydana gelen ve ilerleyen süreçlerde oluşacak olan toprak erozyonuyla mücadele konusunda önemli bir yer kaplamaktadır.

Havza içerisinde bulunan mera sahalarının 3-4 yılda bir dinlenmeye bırakılmalı ve mera alanların kendini yenileyip gelişmesine olanak sağlanmalıdır. Meradaki erozyonun engellenmesi için dönüşüm otlatmanın hayata geçirilmesi tahribatın azaltılmasında faydalı olacaktır.

Otlatma planlaması yapılarak mera içerisinde sabit yerlerde meydana gelmesi muhtemel hayvan baskısının mera alanlarına dağıtımı yapılmalı ve bitkiler üzerinde ki olumsuz baskının engellenmesi sağlanmalıdır.

Yukarıda verilen yöntemlere ek olarak fazla miktarda otlatmaya dayanıklı, kendini hızlı bir şekilde yenileyebilen, toprağı sıkı tutabilen kök yapısına sahip ve toprağın organik

madde miktarını arttıracak yem bitkilerinin sahaya ekilmesi erozyonun şiddetinde önemli miktarda azalma sağlayacaktır.



6. KAYNAKLAR

- Aksoy E., Şenol S. ve Dinç U., 1998. "Amanos dağlarında yoğun orman örtüsü altında oluşmuş toprakların genesisleri ve sınıflandırılması", International Symposium on Aridregionsoil, İzmir. 736-743.
- Anonim., 2, 2019. Murat Nehri Havzası Rehabilitasyon Projesi (MNHRP) Çevirme Mikrohavza Planı (ÇMP), Orman Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.
- Anonim., 2019. 'Murat Nehri Havzası Rehabilitasyon Projesi'.
- Anonim., 1962. Soil Survey Manual. Soil Survey Staff, USDA Handbook No:18, Washington D.C. USA. 503s.
- Arnouldous, H.M.J., 1977. "Methodology used to determine the maximum potantial average annual soil loss due to sheet and rill erosion in Morocco", FAO Soils Bulletin, 34, 39-51.
- Ascough II., J.C Nearing., M.A Baffaut. ve Liu B. Y., 1997. The WEPP Watershed Model: I. Hydrology and Erosion. Transactions American Society of Agricultural Engineers, 40, 4, 921-933.
- Aslan Ş.T.A., 2005. Coğrafi Bilgi Sistemi Olanakları ile Bazı Havza Özelliklerinin Belirlenmesi. KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, 8,2, 128-134.
- Aslan T.A., 2005. "Coğrafi bilgi sistemi (CBS) olanakları ile bazı havza özelliklerinin belirlenmesi", Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, Kahramanmaraş. 8, 2.
- Aydın M., 2009. "Gümüşhane-Torul barajı yağış havzasında arazi kullanımına göre WEPP (watererosionprediction Project) modeli ile toprak kayıplarının belirlenmesi ve alınması gereken önlemler", Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Kastamonu. 9, 1, 54-65.
- Baffaut C., Nearing M.A. ve Ascough J.C., 1997. The WEPP Watershed Model II, Sensitivity Analysis and Discretization on Small Watersheds, Transactions of the Transactions American Society of Agricultural Engineers, USA. 935-943.
- Baffaut C., Nearing M.A., Ascough II J. C. ve Liu B., 1997. The WEPP Watershed Model: II. Sensitivity Analysis and Discretization on Small Watersheds Transactions American Society of Agricultural Engineers, 40, 4, 935-943.
- Balcı N. ve Özyuvacı N., 1988. Havza Amenajmanı II. İ.Ü. Orman Fakültesi, Yüksek Lisans Ders Notları, İstanbul.
- Balcı, N., 1996. Toprak Koruması. Üniversite Yayın No: 3947.

- Bhuyan, S. J., Kalita, P. K., Janssen, K. A. ve Barnes, P. L., 2002. Soil loss predictions with three erosion simulation models. Environmental Modelling and Software, 17, 2, 137-146.
- Bingner, R. L., Murphree, C. E. ve Mutchler, C. K., 1989. Comparison of Sediment Yield Models on Watersheds in Mississippi. Transactions American Society of Agricultural Engineers, 32, 2, 529-534.
- Biricik, A. S. 1985. Sarayköy Civarında Erozyon ve Önlemleri (Konya), İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Dergisi, I, İstanbul. 173-181.
- Bouyoucos, GJ., 1936. Hidrometre yöntemi ile zeminlerin mekanik analizlerinin yapılması için talimatlar. Toprak Bilimi, 42, 3, 225-230.
- Bower, C. A. ve Wilcox, L. L., 1965. "Soluble salt methods of soil analysis", Methods of Soil Analysis Part 2, Am. Soc. Argon. No: 9 Madison, Wilconsin USA. 933-940.
- Chen, T., Niu, R. Q., Li, P. X., Zhang, L. P. ve Du, B., 2011. Regional soil erosion risk mapping using RUSLE, GIS, and remote sensing: a case study in Miyun Watershed, North China. Environmental Earth Sciences, 63, 3, 533-541.
- Cürebil, İ. ve Ekinci, D., 2006. Kızılkeçili Deresi havzasında CBS tabanlı RUSLE (3d) yöntemiyle erozyon analizi. Türk Coğrafya Dergisi, 47, 115-129.
- Çağlar, K.Ö., 1949. "Toprak bilgisi", Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 10.
- Çelik, V., 2011. Değirmen Deresi Havzasında (Bolvadin-Afyonkarahisar) Toprak Erozyonu Risk Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, Afyonkarahisar.
- Çepel, A.N., 1978. Erodibility Characteristics of Some Forest Soils Developed under The Influence of Arid and Humid Climatic Conditions. İ.Ü.O.F Yayınları, İ.Ü.Yayın No:2402, İ.O.F Yayın No. 248, İstanbul.
- Çepel, N. ve Karaveli, A., 1990. Uludağ Milli Parkı'nın üst Toprağına Ait Tekstür ve Asitlik Özellikleri. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, A- 40,1.
- Çepel, N., 1995. "Orman ekolojisi", Üniversite Yayın No: 3886, ISBN 975-404-3981, İstanbul.
- Çepel, N., 1996. "Toprak ilmi, orman topraklarının karakteristikleri, toprakların oluşu, özellikleri ve ekolojik bakımdan değerlendirilmesi", İstanbul Üniversitesi, Toprak İlimi ve Ekoloji Anabilim dalı, Üniversite Yayın No: 3945, Orman Fakültesi Yayın No: 438, ISBN: 975-404-421-X, İstanbul.
- Değerliyurt, M., 2013. Antakya şehri ve yakın çevresinde meydana gelen erozyonun coğrafi dağılışı ve analizi. Electronic Turkish Studies, 5,8, 1745-1764.

- Değerliyurt, M., 2014. Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak orman yangınlarının erozyona etkisinin belirlenmesi, Amanos Dağları örneği. Marmara Coğrafya Dergisi, 29, 195-219.
- Dixon, J.B. ve Weed, S.B., 1989. Minerals in Soil Environments, 2nd edn: Soil Science Society of America, Madison.
- Doğan, 2012. Bingöl iline ait 33 yıllık iklim verileri, Bingöl Meteoroloji İstasyon Müdürlüğü, Bingöl, Türkiye.
- Dönmez, Y., 1990. “Umumi Klimatoloji ve İklim Çalışmaları”, İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları, No: 3248, İstanbul.
- Efe, R., 1999. Güney Marmara Bölümü Batısında Toprak Oluşumunu Etkileyen Coğrafi Faktörler ve Toprakların Özellikleri. Türk Coğrafya Dergisi, 34, 193209.
- Ekinci, D., 2007. Estimating of soil erosion in lake Durusu basin using revised USLE 3D with GIS. Çantay Yayınevi, İstanbul.
- Ekinci, D., 2005. CBS tabanlı uyarlanmış rusle yöntemi ile kozlu deresi havzasında erozyon analizi. İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Dergisi, 13, 109-119.
- Ekinci, D., 2005. CBS Tabanlı Uyarlanmış RUSLE Yöntemi ile Kozlu Deresi Havzası' nda Erozyon Analizi. İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi, 13, 109-119.
- Eliot, W.J., Foltz, R.B. ve Luce, C.H., 1995. Validation of the WEPP Model for Low Volume Forest Roads. Proceedings of the Sixth International Conference on Low-Volume Roads, Washington D.C. Transpiration Research Board, 178-186, USA.
- Erkal, T., Yıldırım, Ü. ve Taş, B., 2012. RUSLE Yöntemi ile Akarçay Havzası Orta Kesiminin Erozyon Risk Tahmini ve Erozyonun Beşeri Faaliyetlere Etkileri. Afyon Kocatepe Üniversitesi. BAP09.FENED.14 No.lu Proje Sonuç Raporu, Afyonkarahisar.
- Erol, A., Babalık, A.A., Sönmez, K. ve Serin N., 2009. “İsparta-Darı deresi havzası topraklarında erozyona duyarlılığın arazi kullanım şekillerine bağlı değişimi”, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri: A, Sayı: 2, ISSN: 1302-7085, 21- 36, Isparta.
- Erpul, G. ve ark., 2009. RUSLE Teknolojisi ile Eldivan Sarayköy Göleti Su Toplama Havzasına Gelebilecek Sediment Miktarının Tahmin Edilmesi. Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri, Proje Numarası: 07B4347001.
- Erşahin, S., 2001. “Toprak amenajmanı, tarımda sürdürülebilirlik ve çevre kalitesi”, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No: 56, Ders Notları Serisi No: 21, Tokat.
- Esri Online Help, http://proceedings.esri.com/library/userconf/devsummit11/papers/tech/hitchhikers_guide_to_python_and_arcgis.pdf, , 05 Haziran 2014.

- Flanagan, D.C. ve Livingston, S.J., 1995. WEPP User Summary (USDA-Water Erosion Prediction Project), National Soil Erosion Research Laboratory, Report No: 11.
- Flanagan, D.C. ve Nearing, M.A., 1995. USDA-Water Erosion Prediction project: Hillslope profile and watershed model documentation. USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory, West Lafayette.
- Foster, G.R. ve Lane, L.J., 1987. User requirements UDSA-Water Erosion Prediction Project (WEPP),. NSERL Report no. 1USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory, West Lafayette, IN 47097-1196.
- Garbrecht, J. ve Martz, L.W., 1999. TOPAZ: An Automated Digital Landscape Analysis Tool for Topographic Evaluation, Drainage Identification, Watershe Segmentation and Subcatchment Parameterization; TOPAZ Overview. USDA-ARS Publication No. GRL 9-I.
- Gedikoğlu, İ., 2000. “Coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama teknikleri-I.mekansal analizler”. ISBN: 975-97035-0-5, Ankara.
- Göl, C., 2002. “Çankırı Eldivan yöresinde arazi kullanım türleri ile bazı toprak özellikleri arasındaki ilişkiler”, Doktora Tezi ,Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara (Yayınlanmamış).
- Gülçur, F., 1974. Toprağın Fiziksel Ve Kimyasal Analiz Metotları, İ.Ü. Orman Fakültesi. Yayınları. No: 201, İstanbul.
- Gülşen, M., 2014. Eber Havzasında (Afyonkarahisar) toprak erozyonunun değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, Afyon.
- Hacısalihöğlu, S., Kalay, H.Z. ve Oktan, E., 2008. Toprak Aşınımı (Erozyon) Benzetim (Simülasyon) Modelleri. TMMOB Orman Mühendisleri Odası Dergisi, 45, 10-11-12, 40-45.
- Harwani, B. M., 2012. Introduction to Python® Programming and Developing GUI.
- Hızal, A., 1984. “Hava fotoğrafları yorumlamasının havza amenajmanı (Ova Deresi Havzası, Kocaeli) çalışmalarında uygulanma olanaklarının araştırılması”, İ.Ü.Yay No: 3144, O.F. Yay No: 341, İstanbul.
- Hofmann, L. ve Ries, R. E., 1991. Relationship of Soil and Plant Characteristics to Erosion and Runoff on Pasture and Range. Journal of soil and Water Conservation, 46, 2.
- Homeck, D.A., J.M. Hart., K. Topper. ve B. Koepsell., 1989. “Methods of soilanalysisused in the soiltesting laboratory at Oregon stateuniversity”, SM 89:4Agric. Expt. Sta. 21 pgs. OSU, Corvallis, OR.
- Irmak, A., 1972. Toprak İلمي, İstanbul Üniversitesi., Orman Fak. Yay. No:184, İstanbul.

- İrvem, A. ve Tülücü, K., 2004. Coğrafi bilgi sistemi ile toprak kaybı ve sediment verimi tahmin modelinin (EST) oluşturulması ve Seyhan-Körkün Alt Havzasına uygulanması. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 13.
- Jiang, L., Yao, Z., Liu, Z., Wu, S., Wang, R. ve Wang, L., 2015. Estimation of soil erosion in some sections of Lower Jinsha River based on RUSLE. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, China.
- Kantarcı, M.D., 2000. "Toprak ilmi", I.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, I.Ü. Yayın No:4261, Orman Fak. Yayın No: 462, Çantay Matbaası, İstanbul.
- Karagül, R., 1996. "Trabzon-Söğütlüdere havzasında farklı arazi kullanımı şekilleri altındaki toprakların bazı özellikleri ve erozyon eğilimlerinin araştırılması", Journal of Agriculture and Forestry, 53-68,.
- Kosmas, C., Danalatos, N., Cammeraat, L.H., Chabart, M., Diamantopoulos, J., Farand, R., Gutierrez, L., Jacob, A., Marques, H., Martinez-Fernandez, J., Mizara, A., Moustakas, N., Nicolau, J.M. Oliveros, C., Pinna, G., Puddu, R., Puigdefabregas, J., Roxo, M., Simao, A., Stamou, G., Tomasi, N., Usai, D. ve Vacca, A., 1997. The effect of land use on runoff and soil erosion rates under Mediterranean conditions. *Catena*, 29, 45-59.
- Laflen, J., Lane, J.L. ve Foster, G., 1991. "WEPP a New Generation of erosion prediction technology". Journal of soil and water conservation, January-February, 1991. 34- 38.
- Laflen, J.M., Flanagan, D., Ascough, J.C., Weltz, M.A. ve Stone J.J.. 1994. The WEPP model and its applicability for predicting erosion on rangelands. Soil Science Society of America, Special Publication, 38, 194, 11-22.
- Lutz, M., 2013. Learning Python, 5th Edition, O'Reilly Media.
- Nearing, M.A., Foster, G.R., Lane, L.J. ve Finkner, S.C., 1989. A process based soil erosion model for USDA-Water Erosion Prediction Project technology. *Trans. ASAE*. 32, 5, 1587-1593.
- Okatan, A., 1986. Trabzon-Meryemana Deresi Yağış Havzası Alpin Meralarının Bazı Fiziksel ve Hidrolojik Toprak Özellikleri ile Vejetasyon yapısı Üzerine Araştırmalar. Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Okatan, A., Yüksel, A. ve Reis, M., 2000. "Kahramanmaraş Ayvalı barajı kıyıldere yağış, havzasının topraklarındaki erozyon eğilim değerlerinin hidrofiziksel toprak özelliklerine bağlı olarak değişimi", Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi, Cilt No: 3, Sayı No: 1, Sayfa No: 28, Trabzon.
- Özhan, S., 2004. "Havza amenajmanı", İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Havza Amenajmanı Anabilim Dalı, İ.Ü. Rektörlük Yayın No:4510, Orman Fakültesi Yayın No: 481; ISBN: 975-404-739-1 İstanbul.
- Özhan, S., 1963. Farklı Ana Materyaller Üzerinde Gelişmiş Topraklarda Ölü Örtü Özelliklerinin Değişimi. TÜBİTAK V. Bilim Kongresi, Tarım ve Ormancılık Araştırma Enst. Dergisi, 9, 1, 3-18.

- Özsoy, G., 2007. Uzaktan algılama (UA) ve coğrafi bilgi sistemi kullanarak (CBS) erozyon riskinin belirlenmesi. Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Özşahin, E., 2014. Tekirdağ İlinde CBS Tabanlı RUSLE Modeli Kullanarak Erozyon Risk Değerlendirmesi, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 11, 3.
- Poepl, R.E., Dilly, L.A., Haselberger, S., Renschler, C.S. ve Baartman, J.E., 2019. "Combining Soil Erosion Modeling with Connectivity Analyses to Assess Lateral Fine Sediment Input into Agricultural Streams." *Water* 11, no. 9: 1793.
- Raymond, E., 2000. Linuxjournal.com, Why Python?, <http://www.linuxjournal.com/article/3882>, 01 Haziran 2014.
- Renard, K. G., Foster, G.R., Weesies, G.A., Mccool, D.K. ve Yoder, D.C., 1997. Predicting Soil Erosion By Water: A Guide To Conservation Planning With The Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). Agriculture Handbook No.703, USDA, Washington, DC.
- Richards, L.A., Allison L. E., Brown J.V., Hayward H.E., Berntesin L., Fireman M., Pearson G.A., Wilcox, L.V., Bower,C.A., Hatcher, J.T. ve Reeve, R.C., 1954. "Diagnosis and improvement of saline and alkali soils", Agriculture Handbook, USD A. 60.
- Richards, L.A., 1954. "Diagnosis and improvement of şaline and alkaline soils (moistureretantioncurve)", Dept. Of Agrihandbook USA. 60.
- S.C.S., 1973. Advisory Soils-6; Soil Erodibility and Soil Loss Tolerance Factors in the Universal Soil Loss Equation. Soil Conservation Service, U.S. Dept. of Agriculture, Washington D.C.
- Sönmez, E., 2010. Mekânsal Potansiyel ve Kalkınmayı Geciktiren Sorunlara Coğrafi Bir Yaklaşım: Göksu Çayı Havzası (Adıyaman), Basılmamış Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü. İstanbul.
- Swaroop, C.H., 2003. A Byte of Python.
- Szabolcs, I., 1991. "Salinizationpotential of europeansoils", In: landusechanges in Europe. Processes of Change, environmentaltransformations and futurepatterns [Brouwer, F.M., A.J. Thomas, and M.J. Chadwick (eds.)]. Geojournal Library, vol. 18, kluweracademicpublishers, Dordrecht, thenetherlands, 293-315,
- Thurow, T.L., 1991. "Hydrology and erosion. İngrazingmanagement an ecologicalperspective (eds. R.K. Heitschmidt, J.W.Stuth)", timberpress, Inc. 141-159.
- U.S., 1954. "Salinitylaboratorystaff, diagnosisimprovement of şaline and alkaline soils". Agricultural Handbook, USDA, 60.

- Uslu, S., 2019. Tokat-Almus Yöresinde Farklı Arazi Kullanım Türlerinde Yüzey Akıs ve Toprak Kayıplarının Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat, 55 s.
- URL-1: <https://www.tarimorman.gov.tr/CEM/Menu/32/Erozyon-Kontrolu> (Sayfa Erişim Tarihi: 09.06.2021)
- Ülgen, N. ve Ateşalp, M., 1972. "Toprakta organik madde tayini", Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü, Teknik Yayınlar Serisi 23, Ankara.
- Ülgen, N., Yurtsever, N., 1995. "Türkiye gübre ve gübreleme rehberi" (4. Baskı), T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Ankara. Genel Yayın No: 209, Teknik Yayınlar No: T.66, Ankara.
- Williams, R.G. ve Sheridan, J.M., 1991. "Effect of Rainfall Measurement Time and Depth Resolution on El Calculation", Transaction of the American Society of Agriculture Engineering, 34-2, 402-406.
- Wischmeier, W.H. ve Smith, D.D., 1978. Predicting rainfall erosion losses. USDA Agricultural Handbook, Washington D.C. 537.
- Wu, J.Q., Wu, A.C. ve Elliot, J.W., 2000. Adapting WEPP (Water Erosion Prediction Project) for the Forest Watershed Erosion Modeling, 2000 ASAE Annual International Meeting, Paper No:002069, Milwaukee, Wisconsin, 9-12 Temmuz 2000, USA.
- Yılmaz, E., Alagöz, Z. ve Öktüren, F., 2005. "Toprakta agregat oluşumu ve stabilitesi", Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, Konya. 19, 36, 78-86.
- Yusuf, S.M., Murtilaksono, K., Hidayat, Y. ve Suharnoto, Y., 2018. Spatial Pattern Of Soil Erosion In Cikapundung Watershed, Indonesia. International Journal of Scientific and Technology Research Volume 7, Issue 2, February.
- Yüksel, A., 2001. K.Maraş Ayvalı Barajı Yağış Havzasının CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi) Ortamında Havza Amenajmanı Bakımından Planlanması Üzerine Araştırmalar. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Yüksel, A., Akay, A.E., Gundogan, R. et al., 2008. Application of GeoWEPP for determining sediment yield and runoff in the Orcan Creek Watershed in Kahramanmaraş, Turkey. 8, 1222-1236.
- Zhang, X.C., Nearing, M.A., Risse, L.M. ve Mcgregor, K.C., 1996. Evaluation of WEPP Runoff and Soil Loss Predictions Using Natural Runoff Plot Data. Transactions American Society of Agricultural Engineers, 39, 3, 855-863.

ÖZGEÇMİŞ

İlk, orta ve lise öğrenimini Bingöl 'de tamamlayan KARAŞİN, 2012 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği bölümünde başladığı eğitimini 2016 yılında tamamlayarak üniversiteden mezun oldu. Aynı yıl, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Havza Amenajmanı Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans Programına başladı. Bu süreçte özel ormancılık firmasında bazı havza projelerinde Mühendis olarak çalıştı. Sonrasında, 2020 yılında İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi'nin Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümünün yapmış olduğu Araştırma Görevlisi alımında Havza Amenajmanı Ana Bilim Dalı kürsüsüne Araştırma görevlisi olarak atandı. 2021 yılının Ocak ayından itibaren İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesinde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır. Orta derecede İngilizce bilmektedir.